

CROTOXINA

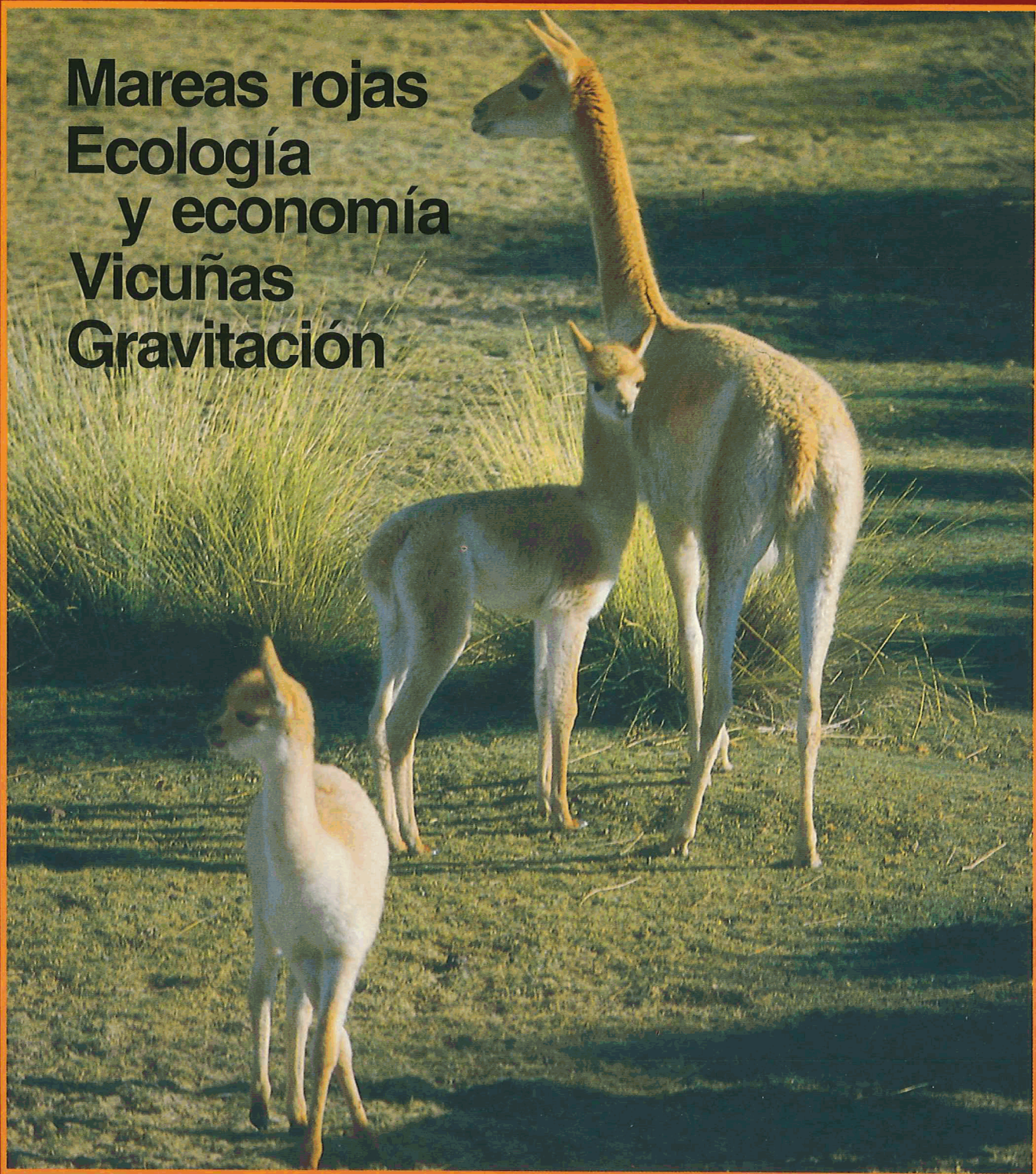
CIENCIAHOY

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy

Vol. 1 Nº 4 octubre/noviembre 1989

★ 2500.-

Mareas rojas
Ecología
y economía
Vicuñas
Gravitación



SIEMENS

Atucha II La construcción avanza



El pasado 12 de abril se completó el cierre de la esfera de contención de la Central Nuclear Atucha II.

El acto, que contó con la presencia del Presidente de la Nación, constituyó un símbolo de la continuidad de esta obra, tan necesaria para la infraestructura energética del país.

La tecnología para Atucha II es provista por el área KWU de Siemens AG a través de ENACE S.A., el joint venture creado con la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) de la República Argentina.

Siemens AG/KWU de Alemania Federal se cuenta entre las empresas más importantes del mundo en tecnología para la generación de energía.

Nuestro programa nuclear incluye todos los tipos de reactores, desde aquellos con recipiente de presión con agua liviana (PWR) o agua pesada (PHWR), hasta los con agua en ebullición (BWR), incluyendo los conceptos más novedosos como por ejemplo los de alta temperatura (HTR) o los reproductores rápidos (SNR).

Recientes acuerdos de cooperación internacional con Framatome S.A. de Francia y ABB-Asea Brown Boveri AG de Suiza proyectan a Siemens AG/KWU como empresa de gran experiencia en tecnología y servicios nucleares, más allá de sus mercados tradicionales, en el marco del fortalecimiento de la industria nuclear europea.

Siemens AG área KWU



Si desea mayor información, escribanos a: KWU Servicios S.A. - Julio A. Roca 620 - Piso 13 - 1067 Buenos Aires.

ADHESIONES

Es motivo de alegría el hecho de constatar la aparición a la luz pública de la revista *Ciencia Hoy*. Representa seguramente la puesta en marcha de un proceso difícil pero muy noble por el carácter de valor social para la humanidad y su país, Argentina, en momentos difíciles en verdad, como para todos los hermanos de América Latina. La puesta a la luz de la revista tiene de esta manera un mérito acrecentado y merece las mayores muestras de solidaridad por parte de su sociedad y sus revistas hermanas; un compromiso ineludible compete también a las comunidades de investigadores que, con su estudio y colaboración científica, contribuirán a su desarrollo y consolidación. Consideramos —por los contenidos aparecidos en diarios de nuestro país— que los materiales publicados en sus números serán material de estudio y análisis valiosos para nuestros estudiantes y colaboradores, así como para el conjunto del personal de investigación de nuestro Departamento de Química del Instituto de Ciencias de la Universidad Autónoma de Puebla.

Rodolfo Acevedo Chávez, Puebla (México)

Soy médico y me ha sucedido lo que al joven Wilde, de Salta, cuya carta se publica en "Cartas de lectores" del n° 3 de *Ciencia Hoy*. En estos días no se cuenta con suficiente tiempo para leer todo lo que uno quisiera, sumado al hecho de que para actualizarse había que recurrir a revistas extranjeras; por todo ello la aparición de *Ciencia Hoy* era necesaria. Me impactó muy en especial el trabajo sobre los relojes biológicos (publicado en el n° 1, pág. 11) porque redondea un concepto que, si bien me era conocido, me resultaba difícil de transmitir pese a que lo aplicaba con mis pacientes.

Carlos F. Cabrera, Corrientes

Felicitaciones por aparecer nuevamente con el n° 3. Estaba apenado porque creí que la crisis había hecho desaparecer vuestra publicación. Para un estudiante universitario como yo, la revista llena sin duda un vacío. Por su interés



merecen un párrafo aparte las opiniones sobre drogadicción y la sección "Ciencia y sociedad".

Daniel Turpo, Tucumán

Como psicólogo argentino me alegra mucho que haya una revista así, que une a su nivel científico una presentación amena y una excelente producción gráfica. Además, comparto los conceptos de la nota editorial del número inicial. Como ex editor de una revista de psicología, y como profesional dedicado a la asistencia, la docencia y la investigación, quisiera solicitar: (1) que se indicara la dirección postal de los autores, para poder establecer contacto con ellos por correo; (2) que se publicasen fichas institucionales que detallen la historia, los objetivos, los trabajos, las publicaciones, etc., de cada centro de investigación de nuestro país, de tal modo que pudiésemos conocerlos mejor, aquí y en el exterior.

Modesto M. Alonso, Buenos Aires

• *Ciencia Hoy tendrá en cuenta las sugerencias de sus lectores.*



EVALUACIÓN

Como lectora habitual de su revista desde el n° 1 expreso mi complacencia por la calidad de la presentación y los contenidos del último número (n° 3). Me pareció importante poder leer notas sobre el tema de la fusión fría escritas por los científicos que hicieron los experimentos, sin propósitos sensacionalistas, y opiniones de mucha actualidad como las que plantea P. Thuillier, los ecólogos que defienden el medio ambiente o la polémica sobre drogadicción. Hay artículos muy bien escritos, en especial el que trata sobre la rotura de materiales y el de Lavoisier, aunque en éste me sorprendió que no se mencionase a Scheele, químico sueco que se anticipó a Priestley en el descubrimiento del oxígeno (lo dice I. Asimov en su *Enciclopedia biográfica de la ciencia y la tecnología*). La única crítica que haría a la revista es que algunos artículos tienen nivel muy elevado y no son comprensibles para el lector medio.

Analia C. Mengardi, Buenos Aires

• *Los editores creen que el "lector medio" es una suerte de ficción estadística, porque no puede ser definido con precisión. Lo que se publica pretende hallarse igualmente alejado tanto del paper profesional como de los artículos de vulgarización extrema, pero el espectro es amplio y contempla muchos matices. En cuanto a la observación de la lectora sobre la prioridad del descubrimiento del oxígeno por Scheele, el autor del artículo comenta lo siguiente:*

Efectivamente, Karl W. Scheele (1742-1786) aisló dicho gas en fecha incierta pero anterior a 1773, si bien sus resultados no se publicaron hasta 1777, es decir tres años después de la célebre entrevista entre Priestley y Lavoisier. Pero la omisión de su nombre ha sido deliberada. El artículo no pone el énfasis en cuestiones de prioridad sino de "cambios de visiones del mundo". Priestley y Scheele (que también era flogicista) concibieron al oxígeno como "aire deflogistizado", mientras que Lavoisier le adjudicó una nueva categoría conceptual en el marco de un

nuevo "paradigma" (según la difundida expresión de T. S. Kuhn). En este sentido puede decirse que el "oxígeno de Priestley-Scheele" y el "oxígeno de Lavoisier", por pertenecer a paradigmas diferentes, no son la misma entidad. La pregunta "¿quién descubrió el oxígeno por primera vez?" se vuelve, por tanto, ambigua, pues lo que se cuestiona es el significado mismo de "descubrimiento" y "prioridad". Para mayores detalles la lectora puede consultar el cap. VI de La estructura de las revoluciones científicas, de Thomas S. Kuhn, México, FCE, 1971.



HISTORIA

En nombre de la Asociación Biblioteca José Babini, destinada a promover la historia de la ciencia, les hacemos llegar nuestras congratulaciones por la publicación de la nota sobre Lavoisier en el n° 3 de *Ciencia Hoy*, en un apartado, "Memoria de la ciencia", que esperamos se convierta en sección habitual.

Consideramos que la presencia de la historia, sobre todo relacionada con nuestra propia historia de argentinos y latinoamericanos, en una publicación consagrada a divulgar el estado actual del conocimiento científico y tecnológico, hará más honda la comprensión del lector y acentuará la concepción abierta del saber que se perfila en la orientación de la revista. **Leticia Halperín Donghi y Roberto A. Ferrari, Buenos Aires**

- *Ciencia Hoy celebra la existencia de una institución destinada a preservar y*

poner a disposición de los estudiosos el acervo documental y bibliográfico del recordado maestro Babini. Los lectores interesados pueden dirigirse a la sede de la Asociación, Av. Las Heras 2954, 3° F, (1425) Buenos Aires, tel. 802-5663.

¿FALTA DE RESPETO?

A propósito de un artículo de mi autoría sobre lepra, he recibido el informe del árbitro y una nota en la cual se me pide que lo reescriba de acuerdo con las objeciones que aquél formula. El informe del árbitro no vale la pena no sólo analizarlo sino siquiera leerlo, pues revela haber sido redactado por un diletante de la leprología, con muy escasos, confusos y contradictorios conocimientos de lepra. Quien firmó la nota olvidó —o ignoró— que se estaba dirigiendo a un leprologo académico nacional en Ciencias, y Director General de un Instituto de Investigaciones Leprológicas durante los últimos 37 años, y con una actitud por demás temeraria me indica que corrija mi trabajo, acorde con las indicaciones del árbitro. Tal planteo, rayano en la desconsideración y falta de respeto, excede el límite de lo tolerable. En efecto, baste comparar *quién pretendió juzgar a quién*, para comprobar cuán cierto es lo expresado. Lamento no haber conocido cómo actúa *Ciencia Hoy*, pues en tal caso jamás hubiera tomado contacto con dicha publicación.

Meny Bergel, Buenos Aires

- *En la nota editorial del n° 3 de Ciencia Hoy, referido a la credibilidad de los científicos, los editores afirman que "la publicación de resultados luego de un análisis crítico por especialistas sigue siendo el medio para difundir hallazgos científicos que ofrece más garantías, no sólo a la comunidad científica sino a toda la sociedad. Y esto también es válido, en particular, para aquellos artículos que pretenden divulgar la ciencia al gran público". Es por ello que todos los artículos enviados a la revista para su eventual publicación son sometidos a arbitraje, con independencia de los antecedentes del autor. Si bien*

este sistema (usual en las publicaciones científicas de reconocido prestigio) puede ser objeto de críticas, algunas muy justificadas, no puede incluirse entre ellas las de "falta de respeto" o de "exceder el límite de lo tolerable". Hasta tanto no se haya comprobado que otro procedimiento es más eficaz, Ciencia Hoy continuará empleando el del arbitraje a cargo de científicos de jerarquía indiscutible. Por lo demás, ante disensos como el que motiva la carta del lector, el autor de un artículo puede solicitar otro arbitraje o simplemente retirar su trabajo.

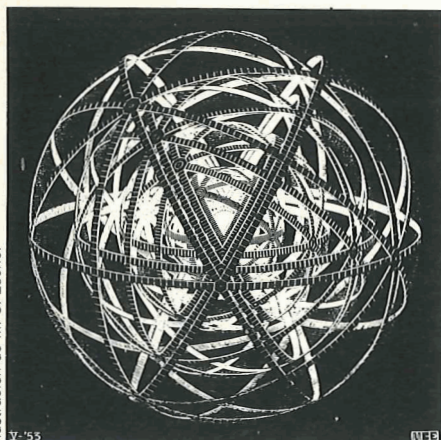
DUDA METAFÍSICA

He leído con sumo interés vuestro número 3. En particular me resultó fascinante la nota "¿Es metafísica la inflación cosmológica?" (pág. 62). Hay en ella (perdón por el cambio de idioma) mucho *matter for thought*. El artículo me generó una duda (¿metafísica?). Al describir la hipótesis inflacionaria se dice: "... durante un período muy breve (desde 10^{-35} hasta 10^{-30} segundos de vida del universo) el espacio sufrió una inmensa expansión...". Esta expansión es descrita luego por el autor como estirar una bandita elástica del tamaño de un anillo de casamiento "... hasta el límite del universo conocido, esto es en un factor de 10^{30} ...". Mi duda es: si un proceso de semejante magnitud sucede en tiempos tan breves, ¿no debería transcurrir a una velocidad superior a la de la luz en el vacío y por lo tanto ser físicamente imposible? Agradeceré una aclaración sobre este punto.

Raúl A. Kelly, La Lucila

- *Por hallarse fuera del país el autor del artículo, los editores han trasladado la pregunta del lector a F. Schaposnik y H. Vucetich, del Departamento de Física de la Universidad de La Plata. La respuesta es la siguiente:*

La raison d' être (perdón por cambiar de idioma) de las velocidades superlumínicas es el carácter geométrico del movimiento. La Relatividad sólo impone un límite de velocidad a objetos físicos, capaces de transportar energía o



información. Los movimientos de carácter geométrico no sufren esta limitación. Un ejemplo muy sencillo (debido a E. Loedel) es el siguiente: imaginemos una guillotina que corta un papel, cuya cuchilla forma un ángulo muy agudo con la hoja. El punto de contacto de la cuchilla y el papel (donde se produce el corte) se "moverá" con una velocidad tanto mayor cuanto menor sea el ángulo entre la cuchilla y la hoja. Haciendo este ángulo suficientemente pequeño, podemos lograr que el punto de contacto "viaje" sobre la hoja de papel con una "velocidad" tan grande como se nos ocurra: mucho mayor que la velocidad de la luz. Pero este "movimiento" es engañoso: la cuchilla se limita a separar el papel hacia los costados y no empuja el corte hacia adelante. Por ejemplo, si la cuchilla tuviera alguna muesca, el corte "viajero" desaparecería en la región de la rotura para reaparecer más allá de la misma, continuando su "viaje" sobre el papel. Tal vez la mejor manera de recordar la distinción entre movimientos geométricos y físicos sea el siguiente comentario humorístico, atribuido al gran físico teórico norteamericano Richard P. Feynman: "El crecimiento de la producción científica es tan rápido que si todas las revistas que se publican mensualmente se pusieran en fila, la longitud de la línea crecería con una velocidad mayor que la de la luz; pero eso no viola la teoría de la Relatividad porque no llevan ninguna información". El movimiento de observadores en el universo en expansión tiene en gran medida un carácter geométrico. Los señores X, Y, Z... están anclados a puntos dados en el universo y sólo pueden realizar desplazamientos pequeñísimos alrededor de sus posiciones. Sin embargo, en un universo

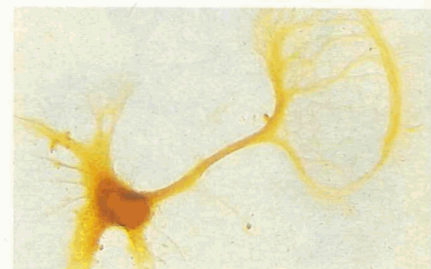
en expansión, la geometría misma está cambiando: las distancias entre todos sus puntos crecen con una "velocidad" proporcional a la distancia misma. En este momento los observadores que están a distancias mayores que 10^{10} parsecs del sistema solar se separan de nosotros a "velocidades" mayores que las de la luz (1 parsec = 3.18 años luz). Es cierto que durante el período inflacionario, cuando todas las distancias en el universo crecieron bruscamente, dos observadores separados por una distancia suficientemente grande se hubieran separado uno del otro a velocidades mayores que las de la luz... pero también es cierto que no hubieran podido comunicarse uno con el otro: ¡ninguna señal luminosa enviada por el señor X hubiera llegado jamás al señor Z y viceversa! Una vez iniciada la inflación, ambos observadores están completamente aislados entre sí y las consecuencias de la Relatividad (válidas para observadores capaces, en principio, de comunicarse unos con otros) no se aplican a este caso. Para mayor información sobre este tema, el lector puede consultar el libro Física Relativista, de Enrique Loedel, Buenos Aires, Kapelusz, 1955. Y también recordar que corriendo sin respiro no se engaña al Tiempo: ... L'un court, et l'autre se tapit / Pour tromper l'ennemi vigilant et funeste, / Le Temps! Il est, hélas! des coureurs sans répit. [... Uno corre y el otro se oculta / para engañar al enemigo que vigila funesto, / ¡el Tiempo! Existen ¡ay! corredores sin respiro.] (Charles Baudelaire, Les fleurs du mal.)

PORCENTAJES

En el artículo "Fecundidad adolescente", del que soy autora, publicado en Ciencia Hoy, n° 3, pág. 71, se ha deslizado un error. En los últimos cuatro renglones de la segunda columna, donde dice que "la tasa de fecundidad de las mujeres menores de 20 años, que era de 60 nacimientos anuales por cada mil mujeres en las décadas de 1950 y 1960, llegó a un máximo de 81% en 1980" debería decir que "llegó a un máximo de 81 por mil en 1980". La

diferencia entre las magnitudes implicadas es, como se aprecia, muy grande.

Edith A. Pantelides, Buenos Aires



ERRATAS

En el texto del artículo "La arquitectura de las neuronas", publicado en el n° 3 de Ciencia Hoy se han deslizado las siguientes erratas: en la pág. 36, tercera columna, debe leerse "véanse figuras 2 y 3"; en la pág. 38, primera columna, la primera remisión a figura debe ser "véase figura 5", mientras que el texto que finaliza "... y a la presencia de iones como, por ejemplo, los de calcio" no debe remitir a figura alguna; en la pág. 40, primera columna, debe leerse "La figura 6 es un esquema provisorio...". Además, en la segunda figura de la pág. 36 se hallan trastrocados los dibujos que representan a las células de Purkinje y piramidal de hipocampo. En la figura de la pág. 38 se ha omitido la letra beta (β) correspondiente al segundo tipo de tubulina. También hemos detectado una errata en el artículo "Inflación e hiperinflación": en la figura 3, pág. 60, las leyendas internas "Consumo desestacionalizado" y "Poder adquisitivo del salario" están trastrocadas. Pasa en las mejores familias.

Este número 4 de Ciencia Hoy se ha hecho corresponder con el bimestre octubre-noviembre 1989 en razón de que el proceso hiperinflacionario argentino afectó la continuidad de aparición de la revista. Los editores confían en que esta situación se regularice y que Ciencia Hoy recupere de aquí en adelante su condición de revista bimestral.



12

CARTAS DE LECTORES

1

EDITORIAL

7

AQUÍ CIENCIA

8

La capacidad de proliferación celular, cuya disminución es uno de los factores que conducen a la muerte, se halla bajo control genético. Sin embargo, algunas sustancias pueden, hasta cierto punto, modificar su duración.

Investigadores argentinos descubrieron restos óseos de un dinosaurio en el Continente Antártico. El estudio de estos hallazgos plantea numerosos interrogantes de carácter paleontológico y geológico.

PERFIL

12

Juan J. Giambiagi, actual director del Centro Latinoamericano de Física (CLAF), recuerda sus años de formación y sus trabajos en la Argentina y Brasil. También expone sus puntos de vista acerca de una amplia variedad de temas: las relaciones de colaboración que deben existir en nuestro continente, las áreas prioritarias de trabajo en común, el futuro de la física, las condiciones que requiere la creación científica, la índole de proyectos que puedan satisfacer a la vez demandas sociales e intereses académicos.

RESEÑA

21

Una reciente recopilación de escritos y discursos de Bernardo A. Houssay, realizada por A. Barrios Medina y A. C. Paladini, motiva nuevas reflexiones sobre las ideas y propuestas del gran investigador argentino.

ARTÍCULOS

INDÍGENAS EN EL MERCADO COLONIAL

22

Miguel A. Palermo

Cuando a partir del siglo XVI distintas especies agropecuarias llegadas desde España comenzaron a introducirse en la Pampa y la Patagonia, se inició una compleja transformación en las tribus indígenas, que se insertaron de una manera peculiar en el espacio económico colonial.

MAREAS ROJAS

28

José I. Carreto Iraurgui

Las mareas rojas, catástrofes naturales, inevitables y casi siempre impredecibles, se han incrementado notablemente en los últimos años. Con el fin de atenuar sus efectos se implementan hoy diversos sistemas de predicción y control, tarea que aún presenta muchas dificultades.

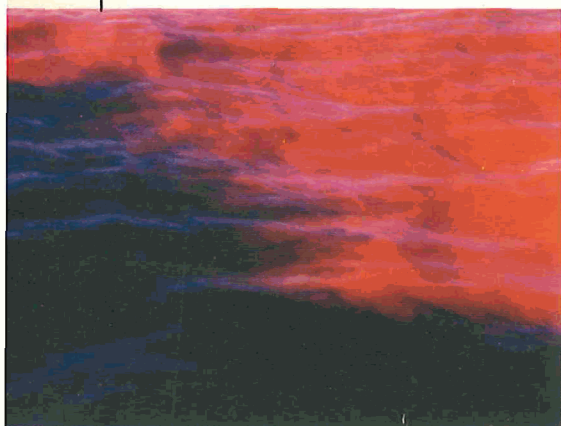
LA CUESTIÓN ECOLÓGICA

38

José Xavier Martini

En la actualidad los bienes ambientales se han convertido en bienes económicos y por ello la cuestión ecológica es susceptible de ser analizada en términos de costos y beneficios. El poder obtener dichos bienes depende del propósito al que se destinen los esfuerzos productivos.

38



28



PAISAJE CON VICUÑA

46

Bibiana Vilá

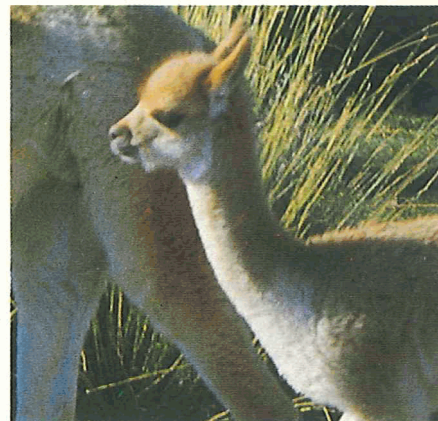
La vicuña, perseguida y sacrificada para comercializar su lana, es un habitante característico de la Puna. El estudio de su comportamiento y de su adaptación a un ámbito tan hostil revela aspectos sorprendentes.

GRAVITACIÓN Y EXPERIENCIA

56

Héctor Vucetich

El llamado principio de equivalencia de Einstein, que sintetiza los fundamentos de la moderna teoría de la gravitación, ha recibido una nueva corroboración por medio de experimentos realizados en la Universidad Nacional de La Plata.



MEMORIA DE LA CIENCIA

64

Un perfil del ilustre Florentino Ameghino, a quien se recuerda con motivo de cumplirse un siglo de la aparición de su monumental *Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina*, obra que le significó reconocimiento internacional.

CIENCIA EN EL MUNDO

66

Una de las moléculas más importantes para la regulación del tono vascular es la del óxido nítrico, producido en las células del endotelio. Es notable esta propiedad de una simple molécula inorgánica, que resulta de la combinación, uno a uno, de los principales componentes de la atmósfera.

Por su proximidad al sistema solar, la supernova SN 1987A permite realizar estudios sin precedentes en el ámbito de la astrofísica. De allí el interés suscitado por el descubrimiento de su púlsar remanente, que origina hoy una intensa actividad teórica y observacional.



OPINIÓN

70

La investigación médica que involucra a seres humanos está sujeta a normas éticas de aceptación internacional. Hace pocos años, la prensa difundió ampliamente noticias de la realización de ese género de estudios en pacientes tratados con el llamado "complejo crotoxina". ¿Fueron respetadas tales normas éticas en aquel momento? La opinión de un experto se inclina decididamente por la negativa.

CIENCIA Y SOCIEDAD

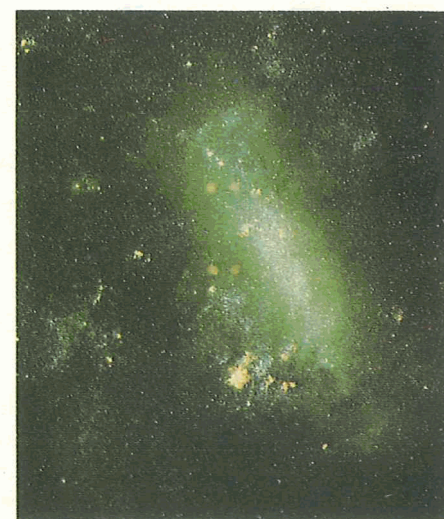
74

Las construcciones portuarias y los cascos de embarcaciones se ven afectados por la formación de comunidades biológicas incrustantes o *biofouling*. Las consecuencias perjudiciales que ocasionan han llevado a un cuidadoso estudio del proceso, a fin de diseñar procedimientos para limitar su agresividad.

El Foro de Sociedades Científicas Argentinas, luego de reuniones llevadas a cabo a partir del momento de su creación, ha dado a conocer un documento en el cual se explicitan sus objetivos, constitución y normas de funcionamiento.

Al término de un simposio realizado en Buenos Aires, se formularon recomendaciones que destacan la necesidad de que todo quehacer humano sea precedido por una reflexión ética. En particular, ello se aplica a numerosos aspectos de la investigación científica y tecnológica.

La repercusión de la muerte de Freud en el mundo intelectual argentino, hace medio siglo, en momentos en que entre nosotros se celebraba el sesquicentenario de la Revolución Francesa.



Publicación bimestral de la Asociación Ciencia Hoy.

Sede: Avda. Corrientes 2835, Cuerpo A, 5° A (1193) Buenos Aires, teléfonos 961-1824 y 962-1330.

Editores Responsables: Jorge Balán (Centro de Estudios de Estado y Sociedad), Daniel R. Bes (Departamento de Física, Comisión Nacional de Energía Atómica), Olga Dragún, *coordinadora* (Departamento de Física, Comisión Nacional de Energía Atómica), Patricio Garrahan (Instituto de Química y Físicoquímica Biológicas, Universidad de Buenos Aires-CONICET).

Editor Asociado: Guillermo Boido (Departamento de Física, Universidad Nacional de La Plata).

Consejo Editorial: Elvira Arrizurieta (Instituto de Investigaciones Médicas "Alfredo Lanari", Universidad de Buenos Aires), Ennio Candotti (Instituto de Física, Universidad Federal de Rio de Janeiro, *miembro invitado*), Elena Chiozza (División Geografía, Universidad Nacional de Luján), Emilio de Ipola (Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires), Ezequiel de Olosa (Centro de Investigaciones Filosóficas), Armando Haerberer (Escuela Superior Latinoamericana de Informática), Jorge E. Hardoy (Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo), Juan A. Legisa (Instituto de Economía Energética, Fundación Bariloche), Alejandro C. Paladini (Instituto de Química y Físicoquímica Biológicas, Universidad de Buenos Aires-CONICET), José Pérez Gollán (Museo Etnográfico, Universidad de Buenos Aires-CONICET), Osvaldo Reig (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires), Fidel Schaposhnik (Departamento de Física, Universidad Nacional de La Plata-CIC).

Secretaría de Redacción: Heber Cardoso (coordinador), Marta Beck (secretaria).

Edición de Texto: Susana Frentzel Beyme, Gabriela Tenner.

Edición de Arte: Pablo Barragán (jefe), Claudia Fano, Verónica Mendivil (armado).

Administración: Graciela Cortesano (coordinadora), Claudia Medina Castro (asistente), Juan A. Massuco (depósito y expedición), María García Blaya, Stella Maris Gramajo (servicios internos).

Colaboradores: Roberto Fontanarrosa, Fernando Sendra (hu-

mor). Hermenegildo Sábat (ilustraciones). Andrés Barragán (fotografía). Francisco Revelli, Juan Carrère (dibujantes). Alberto Bernades (corrección). Angela Saltarelli (traducción). Jorge Yagüe (redacción), Beatriz Araujo (desgrabaciones magnetofónicas). María E. Adam (archivo).

Tapa: Foto de Bibiana Vilá que ilustra el artículo "Paisaje con vicuña" (pág. 46).

Publicidad: Luis Ibarra.

Consejo Científico: Rafael Braun (Centro de Investigaciones Filosóficas), Rodolfo M. Casamiquela (Fundación Ameghino), José C. Chiaramonte (Instituto "Emilio Ravignani", Universidad de Buenos Aires), Roberto Fernández Prini (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires), Juan José Giambiagi (Centro Latinoamericano de Física), Ranwell Caputo (Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba), Eugenia Sacerdote de Lustig (Instituto "Angel Roffo", Universidad de Buenos Aires), Samuel Taleisnik (Instituto de Investigación Médica "Mercedes y Martín Ferreira", Gregorio Weinberg (CONICET).

Corresponsal en Bariloche: Edgardo Angel Bisogni (Instituto Balsero, Centro Atómico Bariloche) Avda. Ezequiel Bustillo, km 9,5 (8400) San Carlos de Bariloche.

Corresponsal en La Plata: Néstor Murgier (Departamento de Geografía, Universidad Nacional de La Plata), calle 42 N° 1092 (1900) La Plata, teléfono (021) 24-8208.

Corresponsal en Mar del Plata: Alberto De La Torre (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata), Funes 3350 (7600) Mar del Plata, teléfono (023) 72-3831.

Corresponsal en Rosario: Carlos Galles (Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería, Universidad Nacional de Rosario), teléfono (041) 63451.

Corresponsal en Madrid: Eduardo F. Muscar Benasayag, Ma. de Molina 34 - 7° B (28006) Madrid.

Corresponsalía en Río de Janeiro: Revista *Ciência Hoje*. Av. Venceslaus Brás 71, fundos, casa 27, Río de Janeiro, CEP 22290, teléfonos (021) 295-4846, 295-4442, 275-8795, télex (021) 36952. En esta dirección puede adquirirse *Ciencia Hoy* al costo

de NCz\$ 15 o abonarse a una suscripción por seis números al costo de NCz\$ 75. *Ciência Hoje* puede adquirirse en Corrientes 2835, Cuerpo A, 5° A (1193) Buenos Aires al costo de \$ 2.500, o suscribirse a 11 números por \$ 25.000. (Oferta válida hasta el 30/XI/89).

Suscripciones: América latina (excepto Argentina) y África (6 números): u\$s 50 (aéreo). EE.UU. y Europa (6 números): u\$s 60 (aéreo).

Distribución: En Capital y Gran Buenos Aires, Rubbo S.R.L. En interior, DISA S.A.

Asociación Ciencia Hoy: Es una asociación civil, sin fines de lucro, que tiene por objetivos: a) divulgar el estado actual y los avances logrados en la producción científica y tecnológica del país; b) promover el intercambio científico con el resto de Latinoamérica a través de la divulgación del quehacer científico y tecnológico de la región; c) estimular el interés del público en relación a la ciencia y la cultura; d) editar una revista periódica que difunda el trabajo de científicos y tecnólogos argentinos, y de toda Latinoamérica, en el campo de las ciencias formales, naturales, sociales y de sus aplicaciones tecnológicas; e) promover, participar y realizar conferencias, encuentros y reuniones de divulgación del trabajo científico y tecnológico del país; f) colaborar y realizar intercambios de información con asociaciones similares de otros países.

Comisión Directiva: Roberto Perazzo (Presidente), José Mayo (Vicepresidente), Enrique Segura (Secretario), Marcos Saraceno (Prosecretario), Olga Dragún (Tesorera), Jorge Balán (Protesorero). El mandato de la Comisión Directiva dura de marzo de 1988 a marzo de 1990.

Difusión: Graciela Domenech, Anibal Gattone, Patricia Morales.

Colaboraron en la realización de este número: la Fundación Antorchas, KWU Servicios S.A. The Third World Academy of Sciences, Swedish Agency for Research Cooperation with Developing Countries, Comisión Nacional de Energía Atómica, Universidad Nacional de La Plata, Organización de Estados Americanos.

ISSN 0327-1218: Registro de la Propiedad Intelectual en trámite. Fotocomposición de Fototipia Linfoset S.A., Agrelo 3259, Buenos Aires. Fotocromos y películas pluma de Fotocromos Colombia, Bolívar 1732, Buenos Aires. Impresa en la Argentina en Talleres Gráficos Mundial, Cortejarena 1862, Buenos Aires.



SERIE CIENTÍFICA

ES MAS QUE UNA REVISTA

Porque su contenido abarca las más diversas especialidades de la ciencia y de la técnica:

- ciencias exactas, físicas y naturales;
- ciencias humanas y sociales;
- estudios tecnológicos;
- temas vinculados a ciencia y técnica; ética, epistemología, política y administración científica, etc.

ES UNA REVISTA
DEL INTERIOR DEL PAIS
PARA EL PAIS

9 AÑOS
DE PERIODISMO
CIENTIFICO

GARIBALDI 281 - MENDOZA

UNA TRANSICIÓN QUE PREOCUPA

En el momento de escribir este editorial han transcurrido dos meses desde la asunción de las autoridades de Ciencia y Técnica del nuevo gobierno. Si bien aún son pocas las definiciones sobre el accionar que se impondrá a esta área, *Ciencia Hoy* comparte la preocupación de muchos de nuestros científicos acerca del futuro rumbo de la política científica argentina.

En ocasión de asumir sus funciones el directorio del CONICET, el titular de la Secretaría de Estado de Ciencia y Técnica (SECYT), Raúl Matera, pronunció un discurso que incluyó definiciones positivas acerca del apoyo a la ciencia, con las que *Ciencia Hoy* concuerda. Sin embargo, hubo en él una llamativa omisión: la ausencia de referencias al apoyo de la investigación científica en las Universidades Nacionales, hecho que llamó la atención a *Ciencia Hoy* y a otros medios (*La Nación*, 7 de julio). Parece ocioso repetir que ningún proyecto serio de modernización del país puede prescindir de nuestras Universidades. Estas constituyen la principal fuente de futuros investigadores. En las Universidades Nacionales existen investigadores de excelente calidad. Su consolidación y el establecimiento de nuevos grupos es indispensable para que las Universidades dejen de ser productoras masivas de profesionales y se conviertan en genuinos motores del progreso nacional.

También el futuro del CONICET está generando incertidumbre en gran parte de nuestra comunidad científica. Quizás en esto influya el recuerdo de los cambios traumáticos que nuestro sistema científico ha vivido en su breve historia. Pero sin duda la incertidumbre también está alimentada por la nueva estructura orgánica que se ha establecido para el CONICET.

Hasta 1973 el CONICET fue gobernado por un Directorio de quince miembros, en su mayoría designados a partir de listas propuestas por entidades académicas. En 1986 se creó un Directorio de seis miembros nombrados a propuesta de la SECYT, asesorado por un Consejo Científico y Tecnológico de 18 miembros: 13 seleccionados a partir de listas presentadas por Sociedades Científicas, Universidades y otros organismos académicos, dos elegidos por voto de los investigadores y tres por entidades de la producción. Si bien ambos sistemas implicaban cierto grado de participación de la comunidad científica en la conducción del CONICET, *Ciencia Hoy* entiende que dicha participación era insuficiente y que el no haberla profundizado e institucionalizado de manera más orgánica es una de las críticas serias que pueden hacerse a la administración saliente del área de Ciencia y Técnica. Por ello expresa su malestar al comprobar que las nuevas autoridades han optado por eliminar toda intervención de la comunidad científica en la conducción del CONICET. En efecto, el Decreto 276/89 del 17 de julio suprime el Consejo Científico y Tecnológico. Esto no debería haber sucedido pues genera una innecesaria discontinuidad en un área cuya planificación y ejecución requiere plazos más prolongados que los de las transiciones políticas. Además, el Directorio es ahora renovado periódicamente por un mecanismo que hace posible la autopropagación de sus integrantes: "(a) El Directorio confeccionará con la antelación necesaria una lista de personas elegibles integrada por miembros destacados de la comunidad científico-tecnológica. (b) De la lista mencionada en el inciso anterior la SECYT elegirá tres (3) can-

didatos y elevará al Poder Ejecutivo Nacional en forma fundada la propuesta definitiva" (artículo 2 del Decreto 276/89).

Una de las obligaciones del extinto Consejo Científico y Tecnológico era proponer al Directorio los nombres de los miembros de las Comisiones Asesoras. Quizás escape al lector no científico la importancia de estas Comisiones en el funcionamiento cotidiano del CONICET. Las Comisiones están formadas por investigadores que trabajan "ad honorem" asesorando al Directorio sobre cada una de las acciones de promoción de la ciencia que ejecuta el CONICET. En 1988, para renovar las Comisiones Asesoras, el Consejo Científico y Tecnológico solicitó la opinión de las Sociedades Científicas. Las designaciones de los miembros de las Comisiones Asesoras, que vencían en marzo de 1990, fueron dejadas sin efecto y, de acuerdo con el decreto 276/89, su renovación queda ahora a exclusivo arbitrio del Directorio, sin participación de la comunidad científica.

Existe también incertidumbre acerca de qué mecanismos utilizarán las nuevas autoridades para financiar la actividad científica. En 1984 se había retornado a la asignación de fondos a los responsables de cada proyecto de investigación mediante concursos abiertos y previo dictamen de las Comisiones Asesoras. Este mecanismo, que funciona en casi todos los países con buen nivel científico, reemplazó al procedimiento instaurado durante el gobierno militar, en el que la mayor parte de los recursos se entregaban como sumas globales a los responsables máximos de las instituciones, dejando a su criterio la distribución de aquéllos. Este sistema generó arbitrariedades.

En organismos como el CONICET, la democracia se ejerce mediante la participación. En ciencia, la participación sólo es posible en el marco de un diálogo amplio con todos los sectores de la comunidad científica. Para esto el único criterio debe ser la calidad intrínseca de la labor científica y su adecuación a las prioridades nacionales en ciencia y tecnología.

El hasta ahora innecesariamente traumático cambio en el área de Ciencia y Técnica indica que aún no existe consenso político sobre lo que debe ser la ciencia en la Argentina y sobre su relación con el resto de la sociedad. El establecimiento de este consenso es una necesidad urgente y una obligación tanto para la dirigencia política como para la comunidad científica. De no lograrse, es poco probable que las autoridades económicas y políticas comprendan la necesidad de financiar adecuadamente el desarrollo científico y, por lo tanto, que la ciencia argentina desempeñe el papel que le cabe en cualquier propuesta realista de genuina modernización del país. En estas condiciones se corre el riesgo de caer en la situación planteada en el editorial del número 2 de *Ciencia Hoy*: "...La combinación de una financiación insuficiente y la falta de continuidad tiene consecuencias más perversas que la eliminación total del apoyo a la ciencia: un sistema científico subfinanciado y arbitrario involucre, no recluta o no retiene a los mejores y se torna mediocre convirtiéndose en un obstáculo a toda tendencia de cambio que en el futuro trate de revertir la situación..."

Los editores

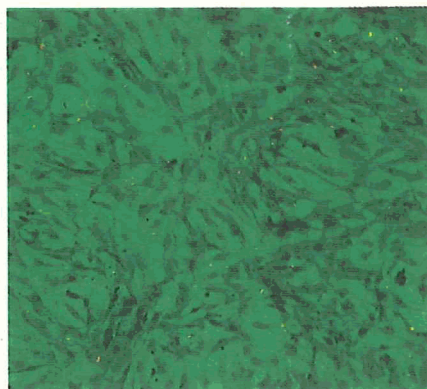
Por qué no somos eternos

En este siglo se han hecho notables adelantos para controlar las infecciones bacterianas, las enfermedades cardiológicas y el cáncer, pero aun así no se puede extender la vida más allá de los períodos hoy conocidos: existe un mecanismo celular que restringe la longevidad del hombre a un determinado límite genéticamente preñijado. El estudio de dicho mecanismo ha sido posible gracias al cultivo de células "in vitro". Esta técnica —que habitualmente se emplea en el Instituto de Oncología "Angel H. Roffo", de la Universidad de Buenos Aires— consiste en mantener en un medio artificial, lo más semejante posible a los líquidos fisiológicos de un organismo, células vivas que han sido extraídas de un individuo vivo o muerto recientemente.

A. Carrel, el más conocido cultivador de células "in vitro", en la primera mitad de este siglo pensaba que las células separadas del organismo y de sus influencias podían transformarse en inmortales. Sustentaba su teoría en el hecho de haber mantenido vivas durante treinta y cuatro años células del embrión de pollo. En realidad, estaba agregando células nuevas cada vez que utilizaba un extracto de embrión de pollo como medio nutritivo y de crecimiento.

Aunque se conocía la declinación en la eficiencia funcional de las células que no se dividen (las nerviosas y musculares), solamente en 1965 L. Hayflick y P. S. Moorhead demostraron que los fibroblastos normales de un embrión humano de cuatro meses, cultivados "in vitro" y repicados cada cuatro días— es decir, separados del recipiente del cultivo original a raíz de su crecimiento y colocados en un medio nutritivo nuevo— pueden duplicar su población hasta 40-60 veces, extinguiéndose la capacidad de división de la población celular entre los seis y ocho meses. Los que provienen de un organismo adulto presentan una vida "in vitro" mucho más corta.

Los fibroblastos son células de origen mesenquimático, o sea, de una parte media del embrión, entre la parte exterior o ectodérmica y la interior o endodérmica. Cada fibroblasto humano proveniente de un embrión puede dar origen a 50 generaciones de células, pero esta capacidad de reproducción declina gradualmente hasta su interrupción definitiva en la población entera. Si bien en el cultivo "in vitro" las células están aisladas —mientras que en el organismo fun-



Fotos de la autora

La imagen de la izquierda muestra un cultivo de fibroblastos normales y jóvenes. Compárese con la muestra de la derecha, donde aparece el mismo tipo de células ya viejas que, tras sufrir una serie de cambios degenerativos, han aumentado notablemente de tamaño.

cionan en diversos conjuntos—, la pérdida de peso que sufren muchos órganos con la edad (como el cerebro y el riñón) permite suponer un comportamiento similar en el individuo vivo.

La posibilidad de duplicar una población de células cultivadas es inversamente proporcional a la edad del individuo dador, así como los vertebrados con vida más corta que el hombre presentan una potencia de duplicación inferior. Por otra parte, la congelación de las células en un determinado repique no modificará la capacidad de dividirse que tenía en ese momento.

Para demostrar que no son los factores ambientales los responsables de la corta vida "in vitro", sino que hay factores propios de la célula que definen su destino, se mezclaron células provenientes de un recién nacido de sexo masculino con células de una mujer adulta: los dos tipos mostraron un tiempo distinto de supervivencia (mayor para el primero y menor para el segundo), a pesar de estar en el mismo medio de cultivo. La muerte celular es un evento programado que no puede ser evitado aunque fueran eliminadas todas las otras causas accidentales que llevan a la muerte.

Durante el crecimiento "in vitro" de las células normales diploides, que tienen 46 cromosomas (véase "Sobre machos y hembras", en *Ciencia Hoy*, n° 3, página 8) se pueden distinguir varias fases: la primera es de adaptación al medio artificial, le sigue una breve etapa de crecimiento, una más larga en la que se establece la máxima densidad celular y, por último, la disminu-

ción de la misma debido a que la población entera retarda su crecimiento hasta que declina totalmente la fracción de las células que se dividen. ¿Qué ocurre en las células en este período de envejecimiento?

El tamaño de las células aumenta en relación inversa a su potencial replicativo. Se ha comprobado que las células artificialmente aumentadas de tamaño (crecidas en baja concentración de suero, del que se alimentan) presentan un porcentaje mucho mayor de células que no se dividen respecto de las cultivadas en un medio óptimo. Al mismo tiempo aumenta la heterogeneidad poblacional, que se manifiesta por las distintas formas de adaptación; solamente un 15% de las células incorpora timidina triada (sustancia que mide el aumento del ácido desoxirribonucleico, ADN) y se prolonga el ciclo celular aumentando el área nuclear y nucleolar y el tamaño de los lisosomas. El citoesqueleto se hace más rígido debido al aumento de los filamentos de actina, microtúbulos y filamentos intermedios, lo que contribuye a la incapacidad de las células viejas de replicarse. Al ser la membrana menos móvil, disminuye la pinocitosis (mecanismo por el que la célula incorpora componentes a través de la formación de vesículas) y se absorben menos elementos nutritivos. La célula pierde su capacidad de unirse al colágeno, que es parte importante de las sustancias que hay entre las células, por lo que se debilita el contacto intercelular y la adhesión de las mismas al sustrato.

Algunas enzimas, como la fosfatasa ácida, la β -glucuronidasa y la glucosa 6-fosfato

dehidrogenasa, se elevan durante el envejecimiento celular. Al mismo tiempo, las células pierden la capacidad de responder a los factores de crecimiento (por ejemplo, las hormonas), no por escasez de receptores, sino por la incapacidad de realizar su autofosforilación, mecanismo necesario para la respuesta.

Las células viejas o provenientes de da-
dores viejos pierden la capacidad para re-
parar el daño producido, por ejemplo, por
rayos ultravioletas; en dichas células existe
una relación inversa entre duración de la vi-
da y contenido de la vitamina B-caroteno,
que evita los daños que producen los radi-
cales del oxígeno (productos del elemento
que afectan a la membrana celular). Gran
parte de estos cambios se observaron en fi-
broblastos "in vitro". Otras células enve-
jecen en forma distinta. Los linfocitos de
los viejos no responden a la fitohemaglutini-
na, sustancia de origen vegetal que estimu-
la la división de dichas células. En la mé-
dula ósea desaparecen las células madre (que
dan origen a las células de la sangre: linfo-
citos, leucocitos y eritrocitos) y aumentan
las células de tipo II que no se dividen. Las
neuronas adultas acumulan gránulos de li-
pofucsina (lípidos y pigmento), que destruy-
en parte del citoplasma neuronal, y estruc-

turas neurofibrilares. Por su parte, los que-
ratinocitos de la piel expuestos al sol
presentan una vida más corta que aquellos
que no lo están.

La senescencia celular es un proceso ac-
tivo: en la membrana de las células vie-
jas se produce mediante síntesis proteica un
factor inhibidor de la síntesis del ADN que
impide el crecimiento de las células jóvenes.
Un anticuerpo contra este factor podría
abrir el camino hacia el control de la vejez
celular. Por otra parte, del estudio de híbri-
dos entre líneas permanentes (cultivos de cé-
lulas que se transformaron y escaparon al
proceso de envejecimiento como, por ejem-
plo, las tumorales) y líneas viejas resulta que
el fenotipo senescente es el dominante, mien-
tas que la inmortalidad corresponde a un
tipo recesivo. Además, mediante la fusión
entre citoplastos anucleados y células ente-
ras, se comprobó que es el núcleo el que con-
trola la senescencia celular.

En base a los estudios de híbridos
humano-ratón en los cuales se van perdiendo
los cromosomas humanos hasta quedar
apenas uno o dos, se pudo establecer que
el llamado cromosoma 1 está involucrado
en la senescencia celular y que los clones (ge-
neraciones de células del mismo origen) que

se immortalizan se caracterizan por la pér-
dida de las dos copias del mismo. Reciente-
mente han sido identificadas dos proteínas:
la "ciclina" en las células que se replican
y la "estatina", propia de las células que
no se dividen. La presencia de estas dos pro-
teínas, marcadoras de la proliferación o de
la senescencia, sugiere que la expresión de
un tipo de genes es estimulada, mientras la
del otro grupo está deprimida durante el en-
vejecimiento.

Aunque la capacidad proliferativa de las
células está bajo control genético, algunos
factores externos pueden, en cierto grado,
modificar su duración. La toxina del bacilo
del cólera puede revertir temporariamente
la tendencia senescente, mientras que los glu-
cocorticoides extienden la vida de los fibro-
blastos de pulmón humano retardando más
que previniendo la senescencia fisiológica.

Finalmente, no se puede considerar que
la muerte sea sólo consecuencia de la dismi-
nución de la proliferación celular, pues los
cambios que la acompañan juegan un im-
portante rol en el mecanismo de la vejez del
organismo entero.

Eugenia S. de Lustig

Instituto de Oncología "Angel H. Roffo"
Universidad de Buenos Aires

El dinosaurio antártico

En enero de 1986, durante la realización
de investigaciones geológicas y paleontoló-
gicas organizadas por el Instituto Antár-
tico Argentino, uno de los autores de este
artículo (E.O.) descubrió en la isla James
Ross restos óseos pertenecientes a un dino-
saurio. La isla se encuentra ubicada al no-
reste de la Península Antártica y los niveles
sedimentarios portadores del dinosaurio tie-
nen una antigüedad de aproximadamente
77 millones de años, correspondiente a la
llamada edad campaniana del período Cre-
tácico (véase figura 1). El hallazgo cons-
tituye el primer y hasta ahora único regis-
tro de dinosaurios en el Continente Antártico.

El esqueleto del animal se hallaba muy
deteriorado por la acción de los hielos, de
modo que tuvo que ser recuperado en nu-
merosos fragmentos durante las campañas
antárticas 1986-1988. Posteriormente fue-
ron preparados en la División Paleontolo-

gía Vertebrados del Museo de La Plata y
analizados por otro de los autores (Z. G.).
Se hallaron un resto mandibular con un
diente implantado, placas óseas que prote-
gían el cráneo, costillas, vértebras sacras y
caudales, fragmentos de la cintura pectoral
y de los miembros anteriores y posteriores,
como así también gran cantidad de placas
óseas y diminutos osículos que conforma-
ban el exoesqueleto. El dinosaurio antárti-
co resultó pertenecer al suborden de los *An-
kylosauria*.

Este suborden de dinosaurios incluye for-
mas terrestres, cuadrúpedas, acorazadas y
de dieta herbívora. Los hubo de entre dos
y siete metros de longitud y de un peso de
hasta dos toneladas, si bien los restos halla-
dos en la Antártida corresponden a los de
un animal joven (lo cual se infiere por la pre-
sencia de cartílagos adheridos a los huesos)
y de alrededor de 1,5 m. Los ankylosauros
vivieron principalmente en los continentes

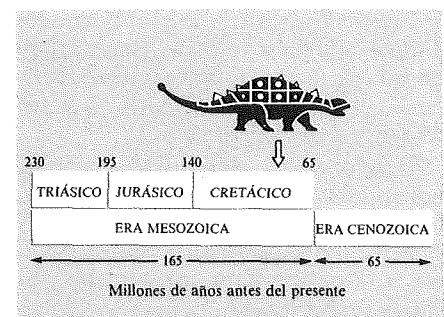


Fig. 1. Ubicación temporal del dinosaurio antártico. La Era Mesozoica, que abarca unos 165 millones de años, comprende los periodos Triásico, Jurásico y Cretácico. Los animales más característicos de esta Era fueron los reptiles. En particular, los dinosaurios aparecieron hacia mediados del Triásico y se extinguieron totalmente a fines del Cretácico. La desaparición de los reptiles mesozoicos favoreció la expansión de las aves y los mamíferos en la siguiente Era Cenozoica, que culmina en la actualidad.

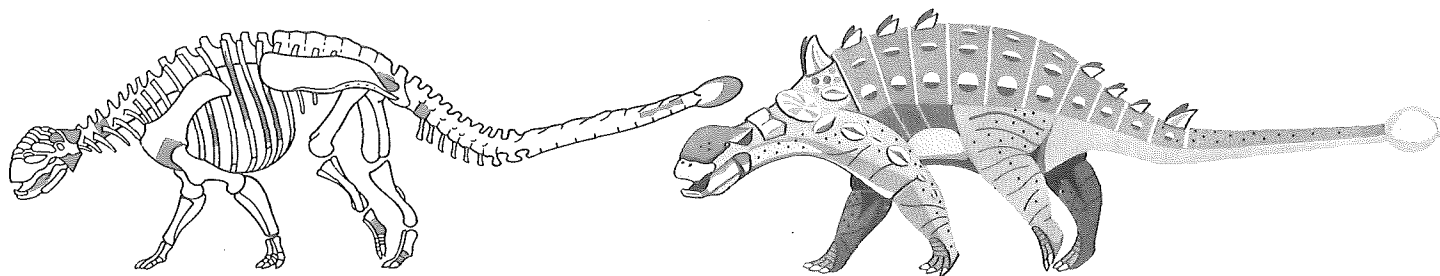


Fig. 2. *Euoplocephalus tutus*, un ankylosaurio cretácico hallado en América del Norte (esqueleto). Se han grisado los fragmentos óseos correspondientes al dinosaurio hallado en la isla Ross. A la derecha: reconstrucción de un ankylosaurio cretácico (K. Carpenter, 1982) en el que se observan las placas óseas y los osículos que conformaban el exoesqueleto protector de estos dinosaurios acorazados. (Adaptado de *Can. J. Earth Sci.* Vol. 19, 1982.)

del hemisferio Norte (Laurasia) desde fines del período Jurásico hasta fines del Cretácico, esto es, durante un lapso de unos 95 millones de años (véase la figura 2).

La marcada distribución laurásica y los hábitos terrestres de los ankylosaurios plantean la interesante incógnita sobre cómo explicar su presencia en el Continente Blanco. Distintas evidencias geológicas y paleontológicas indican que debió existir cierto tipo de conexión terrestre entre América del Norte, América del Sur y la Antártida en algún momento o en distintos momentos del Cretácico (período de unos 75 millones de años). De haber sido así, se explicaría más fácilmente la presencia de ankylosaurios en la Península Antártica. Lamentablemente, no se han registrado hasta el momento ankylosaurios en América del Sur, por lo que dicha hipótesis debe ser considerada con cautela. Otra alternativa consiste en vincular al dinosaurio antártico con los viejos ankylosaurios del Cretácico temprano de Australia. Tampoco esta conjetura puede ser convenientemente verificada, por cuanto no se ha probado que pertenezcan a la misma familia y, además, la historia tectónica de la Península Antártica es probablemente distinta de la del resto de la Antártida, que estuvo vinculada a Australia (véase en la figura 3 el esquema paleogeográfico de los continentes australes).

El nuevo ankylosaurio renueva también la discusión sobre la posición latitudinal de la Península Antártica y las condiciones climático-ambientales hacia fines del Cretácico. Los análisis de las paleolatitudes, medidas en la Península Antártica, indican una posición cercana a la actual para la isla James Ross. Sin embargo, las condiciones ambientales debieron ser muy diferentes. Múltiples evidencias (entre ellas la presencia de abundante flora, polen y esporas de gimnospermas, angiospermas y helechos) señalan que la Antártida estaba desprovista del casquete polar. Asimismo el clima del Cretácico, a la escala global, fue mucho más benigno que el actual, lo que habría favorecido la dispersión de plantas y animales aun

en muy altas latitudes (por ejemplo, los dinosaurios hadrosaurios y tyrannosaurios del norte de Alaska, variados dinosaurios del sur de Australia y el ankylosaurio antártico). En apoyo de esta hipótesis de un clima templado, al menos en la región en la que fue hallado el ankylosaurio, cabe mencionar la flora fósil hallada en el mismo lugar

(actualmente en estudio por la paleobotánica A. Baldoni, del Centro de Investigaciones en Recursos Geológicos) y los reptiles marinos (plesiosaurios y mosaurios), indicadores de mares templado-cálidos, hallados en la isla Ross e islas vecinas en rocas sedimentarias aún más modernas: unos 70 millones de años de antigüedad.

Corresponde señalar, sin embargo, que otros paleontólogos han tratado de explicar la supervivencia de los dinosaurios en las regiones polares (supuestamente bajo climas muy fríos) apelando a probables mecanismos termorreguladores, similares a los de aves y mamíferos, a la hibernación o a la migración hacia zonas más templadas durante los inviernos. Estas conjeturas, aunque difícilmente verificables, no pueden tampoco ser descartadas.

Los ankylosaurios de la Península Antártica debieron ser pesados acorazados de varios cientos de kilogramos y debían, por lo tanto, requerir abundante alimento durante gran parte del año. La variada vegetación asociada muestra que tales requerimientos estaban cubiertos. La mayor incógnita radica entonces en saber cómo soportaban los inviernos. ¿Hibernaban? En ese caso se refugiarían en cavernas naturales. ¿O migraban hacia el norte? De ser así debieron haber sido gregarios y haber tenido la capacidad de desplazarse a través de miles de kilómetros en busca de ambientes más benignos. Indirectamente, ello apoyaría la hipótesis de una conexión terrestre continua entre América del Sur y la Península Antártica.

Las incógnitas a develar son múltiples y apasionantes, por lo que es de esperar que la continuación de las exploraciones paleontológicas en la Antártida y el estudio de nuevos materiales contribuyan a descifrar el enigma de estos ankylosaurios.

Zulma Gasparini

División Paleontología Vertebrados
Museo de La Plata

Eduardo Olivero

Centro de Investigaciones en Recursos Geológicos

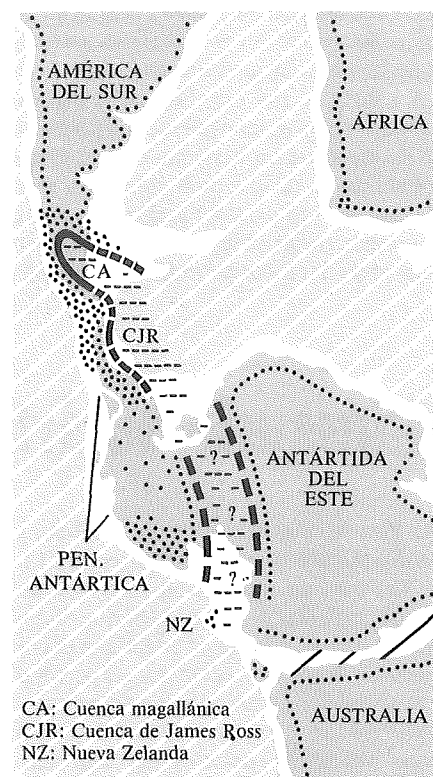


Fig. 3. Esquema paleogeográfico de los continentes australes durante el Cretácico superior, que muestra el contorno actual de los continentes y la extensión probable de sus plataformas continentales. El rayado diagonal indica las regiones oceánicas con profundidades mayores de dos kilómetros; el horizontal, las cuencas sedimentarias marinas del Cretácico superior; el punteado, el contorno de las áreas elevadas sobre el nivel del mar. La mayor densidad de puntos sugiere la ubicación probable de la conexión terrestre entre América del Sur y la Península Antártica, circunstancia que habría favorecido la migración de vertebrados terrestres.

LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, QUE ES LA MAYOR CONCENTRACION DE CIENTIFICOS DEL PAIS, PUEDE CONVERTIRSE EN EL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO DE SU EMPRESA

**Los convenios entre grupos de investigación
e instituciones o empresas, para desarrollos
científicos, investigaciones, asistencias
técnicas, innovaciones tecnológicas, etc.,
son la herramienta contractual.**

Por medio de estos acuerdos la Universidad de
Buenos Aires ejecuta tareas de cooperación y
transferencia en ramas tan diversas como:

- * Urbanismo * Ingeniería de petróleo
- * Electrotécnica * Tecnología de alimentos
- * Computación * Energías no Convencionales
- * Biotecnología * Problemas jurídicos vinculados
con el desarrollo tecnológico * Comunicaciones
- * Agroquímica * Salud y medio ambiente * Transporte
- * Desarrollo de drogas y medicamentos



**UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
SECRETARIA DE CIENCIA Y TECNICA
DIRECCION DE CONVENIOS Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA**

Viamonte 430 - 2º piso - Tel.: 311-1456

Juan J. Giambiagi

La física latinoamericana busca su identidad

Entrevistas realizadas por Naren Bali (Dirección de Ingeniería, Techint), Guillermo Boido (Departamento de Física, Universidad Nacional de La Plata) y Ennio Candotti (Ciencia Hoy) en Buenos Aires y por Roberto Barros de Carvalho, Ildeu Castro Moreira (Ciência Hoje) y Luis Másperi (Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica) en Río de Janeiro.



Ilustración: Hermenegildo Sábat

Los caminos de la integración latinoamericana en el campo de la física atraviesan el edificio del Centro Brasileño de Investigaciones Físicas (CBPF) en Río de Janeiro. Allí está la sede del Centro Latinoamericano de Física (CLAF), responsable de la elaboración de programas conjuntos de investigación entre los países de la región. Su director desde hace cuatro años, el físico argentino Juan José Giambiagi, nacido en 1924 en el barrio porteño de Colegiales, ha desempeñado un papel fundamental en la intensificación de estas relaciones, particularmente de las que existen entre la Argentina y Brasil.

Doctorado en 1950 en la Universidad de Buenos Aires, Giambiagi obtuvo su posdoctorado en Manchester, Inglaterra, y reside desde 1976 en Brasil. Trabajó en importantes centros de investigación: el Instituto de Tecnología de California, el Centro Internacional de Física Teórica (ICTP) de Trieste y el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN) en Suiza. En la Argentina se lo recuerda sobre todo por haber contribuido a crear en los años sesenta, cuando se desempeñaba como director del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, una escuela de física teórica y experimental



Fotos: cortesía de J. J. Giambiagi

de gran prestigio, en ese entonces, tal vez, la más avanzada del hemisferio sur.

En esta entrevista Giambiagi recuerda sus años de formación científica y sus trabajos docentes y de investigación en la Argentina y Brasil. Se refiere además a las imprescindibles relaciones de colaboración que deben existir en nuestro continente y detalla los proyectos que, poco a poco, logran persuadir a los investigadores de que la tarea en común es el camino para el logro de una ciencia competitiva en la escena internacional. El director del CLAF sostiene la importancia de convencer a los jóvenes investigadores latinoamericanos de que realicen sus estudios de doctorado en su propio continente y en lo posible en temas que

puedan ser aplicados a la resolución de problemas regionales impostergables, indica áreas prioritarias de trabajo y propone la creación de proyectos que satisfagan a la vez las demandas sociales y los intereses académicos.

Giambiagi pasa revista además a algunos de los múltiples problemas que afectan hoy a la investigación en el campo de la física: la situación de las instituciones en los países económicamente dependientes, la responsabilidad ética del científico, el panorama que se presenta a los jóvenes que pretenden iniciarse como investigadores en América Latina. A su entender, la física del futuro no estará vinculada con el ámbito nuclear sino que se desplazará hacia áreas tales como el estudio de la materia condensada. Considera que el exceso de información, el imperativo *publica o perece* y el clima tenso característico de ciertos centros de investigación no contribuyen a facilitar la búsqueda científica. Y afirma, con un humor muy peculiar, que los físicos son a veces un tanto arrogantes en su pretensión de querer entenderlo todo y que en materia de creatividad es necesario remitirse a la máxima del inglés Paul Dirac: “Si usted quiere tener ideas, vaya a dar un paseo por el bosque. Si se sienta frente a una mesa las ideas se rehusarán a aparecer”.

En una entrevista reciente que le hizo *Ciencia Hoy*, el antropólogo Rodolfo Casamiquela se llamaba a sí mismo “ciudadano de la Patagonia”. Usted vendría a ser algo así como un ciudadano de Colegiales.

Me gusta pensarme de ese modo. Ahí nací, me crié, fui a la escuela primaria y viví buena parte de mi vida. Conozco todos los ladrillos de ese barrio y siempre que vuelvo a la Argentina lo visito. Sí, soy un ciudadano de Colegiales.

Háblenos de sus estudios. Usted pasó por el Colegio Nacional de Buenos Aires a fines de los años treinta, cuando era un establecimiento famoso por su categoría educativa. ¿Influyó esta circunstancia en la elección de su carrera?

Por supuesto. Todos los docentes eran también profesores universitarios y la institución un verdadero lujo. Podría mencionar a Reinaldo Vanossi y Antonio Valeiras en ciencias, a José María Monner Sans y Florentino Sanguinetti en literatura, gente de primer nivel. Aunque se privilegiaba la formación humanística, la científica era lo suficientemente buena como para motivar a los alumnos y de ahí viene mi interés por la física. Así, en 1943, me inscribí en la carrera en la Universidad de Buenos Aires. Las clases se dictaban en Perú 222, una dirección que más adelante se volvería célebre porque allí aconteció en 1966 la “noche de los

bastones largos”. Era un lugar excepcional, cálido, muy humano, y cuando uno se cansaba de estudiar o trabajar podía salir a pasear por la calle Florida o tomarse un café en la esquina, en *El Querandí*, donde paraban alumnos y profesores. Por aquella época, la facultad crecía y crecía, ya no cabía más nadie, pero a pesar de eso se enseñaba y estudiaba realmente en serio. Luego se suprimió el examen de ingreso y el número de estudiantes explotó. Me acuerdo que Blaquier —un famoso profesor de matemática que daba clase con guantes blancos para no ensuciarse las manos con tiza— ahuyentaba a los alumnos trepados en las ventanas del Aula Magna...

¿Qué profesores de aquella época recuerda con mayor intensidad?

Yo hice muchos cursos con Teófilo Isnardi, que era director del Instituto de Física de la Universidad de Buenos Aires. Antes de la creación de ese Instituto se contrataban profesores extranjeros para dar cursos a ingenieros (por ejemplo, hacia 1920 hubo un primer curso de físicomatemática que dictó Meyer, un discípulo de Poincaré). En 1935 la Universidad creó el Instituto y poco después puso a cargo de la dirección a Isnardi, que se había doctorado con el famoso físico Walter Nernst en Alemania. Era un gran profesor, un erudito que parecía saberlo todo acerca de

la física: nos apabullaba. Durante siete años fui su alumno y lo recuerdo con respeto y agradecimiento. Pero Isnardi no era un investigador, y tal vez por eso transmitía una imagen de la física como un libro acabado y perfecto, una imagen pasiva según la cual había que estudiar mucho antes de intentar hacer algo en materia de investigación. Creo que para un físico tal actitud no es buena y esa sería una faceta negativa de Isnardi que, desde luego, no empaña el alto juicio que me merece su figura. ¿Y cómo olvidar a Julio Rey Pastor, el matemático? Como buen español, Rey Pastor era muy ameno, sus clases eran una jarana y estaban llenas de chistes. Era una verdadera institución y hoy es un mito. Se recuerdan muchísimas anécdotas de él.

¿Por ejemplo?

El decía: “Yo tolero que un alumno, aburrido de mi clase, mire con angustia el reloj. Pero lo que me subleva es que inmediatamente después se lo lleve al oído...”.

¿Su familia aceptó de buena gana que usted optara por la física? En aquellas épocas debió haber parecido una vocación un tanto extraña.

Claro, y por eso me sentía muy angustiado. Mis parientes (mi padre, que había sido ferroviario, ya había muerto por entonces) opinaban que debía ser ingeniero. Me decían: “Primero tenés que tener tu empresa de construcción y después, si querés, estudiarás física”. Eso era en 1942. Al año siguiente ingresé a la carrera y dos años más tarde, desgraciadamente, se lanzó la primera bomba nuclear. Los físicos se pusieron de moda y no se volvió a hablar del asunto.

Pero aunque los físicos estuvieran de moda no debía ser sencillo para un profesional argentino que no fuese, digamos, médico o ingeniero, ganarse la vida.

No, porque no había dónde conseguir trabajo. Ni en Buenos Aires ni en La Plata existía el régimen de dedicación exclusiva. A lo sumo uno podía aspirar a conseguir un empleo en alguna repartición pública. Los químicos, por ejemplo, en oficinas municipales; ahí debían trabajar seis horas diarias y entonces, con suerte, podían enseñar en la Universidad con un cargo de dedicación simple. Nuestra esperanza era conseguir un puesto en lugares como YPF, sin muchas obligaciones, y así dedicar parte del tiempo a seguir estudiando física. En 1950 se creó la Comisión Nacional de Energía Atómica y allí se empezó a contratar gente y a pagar bien, pero el régimen de dedicación exclusiva en las universidades no se implantó hasta después de 1956. También estaba el recurso de las clases particulares, de las que había mucha demanda y se pagaban bien.

¿Usted había trabajado también en un Instituto Radiotécnico de la Armada?

Era un instituto que pertenecía a la Universidad y que recibía apoyo de la Armada. Pasé por el Departamento de Ingeniería Electrónica en el momento en que allí se había formado un grupo muy importante liderado por el matemático González Domínguez y en el que estaban Calderón, Oscar Varsavsky, Gutiérrez Burzaco, Scarfiello, Susana Fernández Long. Lamentablemente el apoyo externo apenas alcanzaba para contratar a algunos profesores visitantes: incluso alguna vez se pensó en traer a Heisenberg. Ahí hacíamos seminarios muy intensos y fructíferos pero, en general, todo era muy difícil en esa época. Existía la Asociación Argentina

para el Progreso de la Ciencia, que publicaba la revista *Ciencia e Investigación* y que en 1938 había logrado del presidente Justo un fondo permanente, que posibilitó la concesión de becas. Una consecuencia indirecta de ello fue la posibilidad de invitar al país al físico brasileño Leite Lopes con motivo de un congreso en Tucumán. El había regresado de Princeton y nos recomendó la lectura de Wentzel, por entonces la biblia de la mecánica cuántica. De hecho, allí empezó nuestro interés por el estudio de las teorías cuánticas; así que cuando se me acabó una beca que tuve en Inglaterra en 1953 escribí a Leite Lopes y conseguí ser invitado a trabajar en el Centro Brasileño de Investigaciones Físicas (CBPF), donde estuve algunos años. Yo estaba interesado en la teoría cuántica de campos, en la que me había iniciado con González Domínguez. Había gran efervescencia entre los físicos brasileños, discusiones intensas, muchos programas de investigación. En San Pablo estaban José Goldemberg, Marcelo Dami y Oscar Sala, que comenzaba a construir un acelerador; en Río, Leite Lopes, Guido Beck y Tiomno, con quien trabajé con gran provecho.

¿Cómo evalúa ese primer contacto con la física brasileña?

Fue un período muy importante para mí no sólo desde el punto de vista científico sino también humano. La dimensión espiritual de la gente en Brasil es un tanto diferente de la argentina. Allí hay un componente africano que otorga gran originalidad a su cultura, mientras que la cultura argentina tiene un carácter más europeo. Gané una dimensión intelectual y cultural que no hubiese tenido de haberme quedado en la Argentina. A propósito, debo mencionar la importancia que tuvo la visita del profesor Mario Schenberg, de San Pablo, en 1947. Influyó mucho sobre la evolución del grupo teórico de Buenos Aires.

¿Usted se doctoró en la Argentina?

Sí. Me licencié en marzo de 1948 y terminé mi doctorado en 1950. Tuve la suerte de ser alumno de González Domínguez durante sus mejores años, cuando él estaba particularmente lleno de ideas y transmitía un gran entusiasmo. Tenía una visión dinámica de la ciencia y era, por ello, algo así como la contracara de Isnardi. En González Domínguez se adivinaba el fuste del investi-



gador, había trabajado en Princeton y durante la guerra formó parte de un laboratorio creado por la Philips en la Argentina. La Philips creyó que la guerra duraría mucho y por eso instaló aquí ese laboratorio y contrató a gente de primer nivel; además de González Domínguez, estaban Oscar Varsavsky, Levialdi y media docena más. De allí vino el interés de González Domínguez por la teoría de circuitos, a propósito de la cual desarrolló ideas muy brillantes. Pero en cuanto terminó la guerra, la Philips cerró el laboratorio y el grupo se disolvió. Quedó, sin embargo, sembrada en el país la semilla de la moderna ingeniería electrónica.

¿Cómo se produjo su retorno a la Argentina después de esa primera experiencia en Brasil?

En 1956 me convocó la Comisión Nacional de Energía Atómica para dirigir una división de física teórica y allí se nos unió, poco después, Carlos Bollini. Un año más tarde, González Domínguez y yo pasamos a trabajar a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales con dedicación exclusiva. Casi enseguida hubo concursos y empezó una nueva etapa, crucial, para la Facultad. Fui director del Departamento de Física durante un período en el que logramos realizar contribuciones importantes para el desarrollo de la física en el país. Hasta ese momento no había habido allí ningún profesor con dedicación exclusiva; nosotros llegamos a tener cuarenta. Pero para ello hubo que dar muchas batallas, fruto de discrepancias acerca del modelo de Facultad que queríamos desarrollar: la alemana de los años treinta o la estadounidense posterior a la segunda guerra mundial. Yo adherí a la segunda, quería llamar a concurso para doce cátedras con régimen de dedicación exclusiva, pero Enrique Gaviola no aceptaba esa idea. Gaviola fue un famoso físico argentino que durante la década de los años treinta hizo trabajos importantes en Berlín y en Caltech, California, en el campo de la óptica. Como resultado de estas divergencias hubo algunos enfrentamientos casi violentos, pero al fin mi punto de vista predominó y hubo concursos. Así a la Facultad entraron Bollini, Carlos Varsavsky, Kowalesvsky, Westerkamp, Mayo, Mallmann, Silberman, Bes, Mossin Kotin, Roederer y otros. Lo más importante fue que conseguimos crear una escuela de física teórica y experimental de enorme prestigio. En aquella época era una de las instituciones más avanzadas del hemisferio sur.

¿Dejaron huella en usted aquellos enfrentamientos con Gaviola?

Años después él me invitó a tomar el té en su casa de Bariloche y en cierto momento me dijo: “¿Cómo es posible, Giambiagi, que luego de habernos peleado tanto estemos aquí cordialmente reunidos?”. Y se respondió a sí mismo que estábamos allí porque habíamos peleado frente a frente. Cuando se debate así no puede haber odio. Después del fragor de la batalla cada adversario recuerda al otro con respeto. Y así lo recuerdo a Gaviola ahora.

¿Cómo evalúa la abrupta interrupción de esa experiencia, ocurrida cuando aconteció la “noche de los bastones largos”?

Fue una mancha negra en la historia de la física argentina. La Facultad de Ciencias Exactas había logrado un enorme progreso, sobre todo en física, pero también en matemática, fisicoquímica, biología, geología, geofísica; se había roto una tradición universitaria en la que predominaban los médicos y los abogados que dictaban clase con dedicación simple. Algo semejante había ocurrido en la Facultad de Ingeniería, donde existían muy buenos grupos organizados por un notable físico y hombre de gran valor humano, Félix Cernuschi. Nuestra irrupción fue modernizadora, pero

originó recelos y, consecuentemente, la reacción de muchos sectores de la Universidad. No se interpretó correctamente el momento histórico que estábamos viviendo: en la Argentina había ocurrido un golpe militar y ni Onganía ni sus asesores comprendían la importancia que tenía y seguiría teniendo la ciencia para el desarrollo argentino. En una noche se destruyó prácticamente todo lo que nos había llevado diez años construir.

¿Estuvo usted de acuerdo con la renuncia masiva de los profesores? Por otra parte: ¿intentó el gobierno militar de entonces algún tipo de negociación para evitar ese drenaje?

Las renunciaciones, presentadas poco después del ataque policial, fueron aceptadas sin ninguna clase de negociación seria. No hubo interés por parte del gobierno en estudiar el problema y tratar de comprender el significado de los logros alcanzados por la Universidad. En física había cien profesores: 95 abandonaron sus cargos. Lo mismo ocurrió en fisicoquímica. En otras unidades académicas la desertión fue de alrededor del 55% y se trataba en todos los casos de gente de mucho mérito. Se produjo un vacío general. La modernización abandonó a la Universidad de Buenos Aires en 1966 y, al menos en el caso de la física, el prestigio que había llegado a tener nunca pudo ser recuperado totalmente. En cuanto a la renuncia como forma de protesta, yo no estuve de acuerdo. En 1966 formaba parte del directorio del CONICET y pese a que éste dependía de una presidencia surgida de un golpe militar continué en el cargo. Me pareció que era una actitud correcta, porque de ese modo podía defender buenas causas. Pero en el caso de la intervención a la Universidad las cosas ocurrieron de otro modo: después de la “noche de los bastones largos” hubo una asamblea y una gran mayoría se pronunció en favor de la renuncia. Yo voté en contra, pero acepté el resultado de la votación y también renuncié. Pero, insisto: en ningún momento las autoridades dieron señal alguna de que estaban dispuestas a encontrar una solución satisfactoria para la crisis. El interventor se limitó a decir “nadie es irremplazable”.

¿Qué sucedió en su caso personal?

Había dos alternativas: aceptar alguna propuesta en el exterior o permanecer en la Argentina. Bollini y yo habíamos sido invitados por la Fundación Bariloche y decidimos quedarnos, motivo por el cual rechazamos propuestas de California y de la Universidad de París. Me pregunto a veces si no fue un error, eran excelentes oportunidades. En la Fundación estuvimos apenas un año y medio: ahí se acabó el dinero. Bollini fue contratado por la Universidad de La Plata y yo, en 1968, me fui a la de San Pablo por invitación de Tiomno. Un año después Bollini me propuso trabajar en La Plata y acepté: estuve ahí seis años como profesor titular por contrato. Fue un período muy rico y creativo, porque con Bollini trabajábamos juntos desde 1960 y hacíamos una buena dupla. Produjimos una suerte de efecto estabilizador. En febrero de 1975 pasé a formar parte del CONICET y en agosto del año siguiente me instalé en Brasil, primero en la Universidad Católica de Río de Janeiro y luego ya definitivamente en el CBPF.

¿Hay alguna posibilidad de que esos investigadores que abandonaron el país regresen? ¿Qué ha sucedido con los intentos de llevar a cabo ese propósito?

Algunos de ellos regresaron en 1973, con el gobierno constitucional peronista. Pero después de marzo de 1976, cuando los militares derrocaron a Isabel Perón, unos cien investigadores fueron expul-

sados del CONICET y el episodio volvió las cosas a un punto anterior. Muchos de quienes habían regresado al país tuvieron que abandonarlo nuevamente y hoy un nuevo retorno es muy difícil. Estoy convencido de que desde 1984 se han realizado esfuerzos para traerlos nuevamente, pero también de que las condiciones económicas actuales no se prestan para ello. Los salarios en la Argentina son muy bajos como para atraer a investigadores que tienen posiciones estables en el exterior. Y además, como sabemos muy bien los argentinos, es difícil acceder a posiciones estables en el país, si es que existen.

Pero el problema debe estar relacionado también con las condiciones de la investigación en la Argentina, por ejemplo la falta de laboratorios bien equipados.

Las condiciones de trabajo son bastante razonables. Actualmente la Argentina cuenta con varios grupos de investigación en buenas condiciones, como los que existen en la Universidad de La Plata o en el Centro Atómico Bariloche de la Comisión Nacional de Energía Atómica. Hay también universidades que están resurgiendo, como las de Buenos Aires, Córdoba, Rosario y Tucumán. El problema es que en la Argentina no hay una expansión económica que demande creación de *know how*. Resulta entonces muy difícil para el físico conseguir empleo en el país, mucho más difícil que en Brasil. Ya en 1962 no existían posibilidades de absorber a casi ninguno de los graduados que habíamos formado: 40 por año sólo en la Universidad de Buenos Aires. Había una superproducción de profesionales y un mercado con pocas oportunidades de empleo. Esa experiencia me hizo ver que no podemos pensar en instituciones científicas estables si la actividad científica no se vincula con la realidad económica, y para ello es necesario que la propia sociedad requiera la creación de *know how*. Estos son problemas que se manifiestan en los países latinoamericanos en general y por eso, al asumir la dirección del CLAF, traté de privilegiar aquellos temas de interés para la comunidad y que al mismo tiempo satisficieran las aspiraciones académicas del personal universitario.

¿Podría mencionar algunos de esos temas?

Lo primero que consideré de interés fue el estudio del fenómeno conocido como El Niño, un calentamiento anómalo de las aguas del Océano Pacífico en proximidades de las costas del Perú y Ecuador que ocurre a intervalos irregulares de entre dos y siete años. Realizamos una reunión latinoamericana con la participación no sólo de Brasil y la Argentina sino también de otros países de la región. Esos programas tuvieron un gran éxito. Vimos que El Niño reviste enorme interés ya que determina el régimen de lluvias de todo el continente, desde California hasta Tierra del Fuego, y para países como Perú y Ecuador es una cuestión esencial. Me gustaría señalar, de paso, que el enfoque moderno en cuanto al tratamiento de temas de esta naturaleza en América Latina fue iniciado por un argentino, Rolando García. También apoyamos la colaboración entre Brasil y la Argentina en torno de un programa de supercomputadoras. Se trata de un programa de *hardware* desarrollado por la Comisión Nacional de Energía Atómica con la colaboración de la universidad brasileña de San Carlos. En noviembre de 1988 se realizó en Buenos Aires una reunión en la que participaron especialistas latinoamericanos, principalmente brasileños y argentinos. También hicimos en San Carlos una reunión sobre física de los suelos y otra en la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro para discutir investigaciones relacionadas

con la recuperación secundaria y terciaria de pozos petrolíferos. Organizamos en San Pablo un congreso sobre geofísica de la atmósfera, dictamos en Ecuador un curso avanzado sobre El Niño y para 1990 estamos proyectando una reunión sobre geofísica de la Antártida. También propiciamos un acuerdo de colaboración, ya en marcha, entre astrónomos brasileños y argentinos de El Leoncito, en San Juan, y otro entre el laboratorio de Luz Síncrotrón de Campinas y el TANDAR de la Comisión Nacional de Energía Atómica. Tenemos muchas esperanzas depositadas en las perspectivas que ofrecen estas actividades conjuntas a nivel continental.

Por momentos el protagonismo de la Argentina y Brasil parece excluyente. ¿Cuál ha sido la participación de otros países latinoamericanos en estos proyectos?

Como Brasil y la Argentina juntas cuentan con el 70% de la comunidad científica latinoamericana es natural que las relaciones de cooperación se hayan dado con mayor intensidad entre estos dos países. Y en los últimos años tal colaboración aumentó en un 500%. Sin embargo yo diría que la colaboración con México ha sido también muy importante. Destacaría incluso a Chile, que tiene una comunidad científica muy significativa, con gente de gran prestigio. La relación con otros países —Venezuela, Colombia, Cuba— crece día a día. Mis antecesores en la dirección del CLAF, los profesores Gabriel Fialho y Roberto Bastos da Costa, le otorgaron ese espíritu latinoamericanista que deberá preservarse y consolidarse en el futuro.

¿Cuáles serían los fundamentos de esta búsqueda de integración latinoamericana en materia científica?

En América Latina ningún país, aisladamente, tiene “masa crítica” para despegar, pero juntos podrían disponer de cierta autonomía, ya sea en el campo de la ciencia pura o en el de las realizaciones tecnológicas. La comunidad científica latinoamericana debería mirar un poco más hacia sí misma y en ese sentido es importante incentivar a sus investigadores para que se doctoren en el propio continente. Sé que mucha gente joven discrepará conmigo. En América Latina, por ejemplo, hay físicos que juzgan necesario especializarse en la teoría de las supercuerdas y por ello realizan varias visitas anuales a Europa para mantenerse actualizados. No me parece razonable financiar viajes de graduados que, aun antes de que demuestren su talento, quieren ir a Europa a conocer las últimas novedades para sólo entonces ver si pueden hacer algo. Es preciso además destruir la creencia de que la física teórica es más importante que la experimental o que una física que aporta soluciones a problemas sociales es menos digna que la física básica.

Pero, ¿hay centros de investigación latinoamericanos en condiciones similares a las de los países desarrollados?

Ya existen en América Latina centros de investigación suficientemente bien equipados como para ofrecer doctorados. No diría que son mejores que los de las buenas universidades europeas y norteamericanas, pero sí comparables a ellas. Si tuviera que hacer una lista incluiría no sólo instituciones brasileñas, argentinas y mexicanas sino también otras de Venezuela, Colombia, Chile, Perú, Cuba y Costa Rica. Un estudiante podría hacer un buen doctorado en Perú sobre El Niño. Como el investigador se mantiene en general muy ligado a la institución en la que se doctoró, tendríamos allí una buena estrategia para no perderlo, para que no arrai-



que en países científicamente más avanzados. Es importante también que el investigador que sale del país para doctorarse tenga una suerte de compromiso con su institución de origen, aquella que invirtió recursos en su formación. Digo esto porque, en mi opinión, el desarrollo de la ciencia es el gran instrumento para la transformación de nuestros países.

Sin embargo, un joven graduado latinoamericano podría argumentar que la información que requiere para doctorarse sólo puede hallarla en el exterior.

Hay muchos malentendidos con respecto a la información. La falta de información es un problema grave, pero la información en demasía termina produciendo "ruido". El exceso de viajes genera un exceso de dependencia. Creo que para el físico teórico el momento de la verdad es cuando se enfrenta a la hoja de papel, como ocurre con el torero cuando se enfrenta con el toro. Gran parte de los físicos trata de evitar esa confrontación. Entonces, salir del país, volver, viajar nuevamente, es una forma de dilatar ese momento; y hay personas que nunca enfrentan la hoja de papel. En un momento determinado es necesario detenerse, reflexionar y dejar de pensar en lo que ocurre afuera o en el *paper* que no se ha leído. Sé que enfrentar la hoja de papel es una terrible amenaza de frustración. Y es exactamente eso lo que aproxima al físico y al artista: ambos tienen que luchar contra la frustración, porque ésta es inherente a su trabajo.

¿Cómo ve usted el futuro de América Latina, en términos de desarrollo científico y tecnológico, considerando la posibilidad de integración entre diversos países del continente?

Hay mucho para hacer en conjunto. América Latina, a pesar de ser una región agrícola, desarrolló poco la ciencia del suelo. Tal vez Brasil esté más adelantado al respecto, porque allí hay gente como la profesora Johanna Dobereiner, de la Universidad

Rural de Río de Janeiro, que realizó importantes investigaciones relacionadas con la microbiología de los suelos. Es preciso desarrollar programas conjuntos en esa área, donde los físicos tienen mucho que aportar. Para ello deben conocer bien el comportamiento del agua en el interior de la planta y del suelo: ahí hay cuestiones de termodinámica que no pueden ser resueltas por ingenieros agrónomos únicamente. Hay también otros problemas que los físicos pueden atacar en este campo. Una es la cuestión del trayecto del agua desde la superficie del suelo hasta la punta de la raíz de la planta. Otra es qué hace el agua después que desciende a lo más profundo. ¿Hacia dónde va? Es necesario que se conozca con precisión su flujo por la tierra hasta volcarse en el océano. Conocer esto es importantísimo para disminuir los efectos de las grandes inundaciones. Los físicos están preocupados con estas cuestiones y se van convenciendo de que no es una prostitución profesional encarar problemas de gran alcance social y cuya solución requiere la confluencia de muchas especialidades científicas. La colaboración evita además redundancias estériles. Por ejemplo, actualmente el CBPF está conduciendo con la Universidad de La Plata un proyecto experimental de aplicación de la física de sólidos. En La Plata se pueden medir muchas cosas que no pueden ser medidas en Río de Janeiro y viceversa. Pero esta es una semilla que tiene que ser multiplicada por cien en los próximos años. Hablo de ello pensando en la física, pero en otras áreas también puede y debe acontecer tal integración.

¿Usted y su grupo de Buenos Aires sostenían ya en los años sesenta esta concepción de una física con perspectivas de proyección tecnológica y social? La pregunta es atinente porque aquella Facultad de Ciencias Exactas fue acusada de cientificista.

En aquel tiempo pensaba, como ahora, que la ciencia tiene que ser un instrumento de transformación social. Pero era preciso aprovechar lo que se tenía, y la mayor parte del personal se había formado en partículas elementales. Entonces, si no se ofrecían con-

diciones de trabajo en esa área, nadie hubiera permanecido en la Universidad. Nuestra idea era apoyar a las personas para que trabajasen en lo que les interesara, pero también estimulamos el desarrollo de la física de los sólidos, de la espectroscopia y de las bajas temperaturas. Nos tachaban de científicos porque hacíamos física de partículas. Desarrollamos una ciencia que no estaba ligada a la problemática del país. La década del sesenta demostró que la Universidad estaba totalmente divorciada de su medio: no surgió en ese período una sola fuerza externa a ella que saliese en defensa de lo que hacíamos. La Universidad quedó saturada de físicos y mucha gente valiosa tuvo que irse porque no había fondos para contrataciones. Sobre esta cuestión tal vez la crítica más justa haya sido hecha por Oscar Varsavsky —una de las cabezas inspiradoras del movimiento de renovación de la Facultad de Ciencias Exactas después de 1956— en su libro *Ciencia, política y cientificismo*. Respondiendo a las críticas que contiene el libro debo decir en nuestra defensa que los pasos que dimos eran prácticamente inevitables, porque debíamos partir de una premisa: cuidar el material humano del que disponíamos.

No parece fácil llevar hacia áreas consideradas prioritarias a jóvenes que quieren hacer la “física de moda”. Porque también hay modas en física, generalmente impuestas desde los países centrales.

Hubo una época en que se creía que el problema de las partículas elementales estaba por ser resuelto. Alguien le preguntó a Fermi qué pasaría con los físicos cuando ello ocurriese. ¿No habría más trabajo para hacer? El respondió que aún faltaba mucho. “Aunque los físicos lleguen a la última partícula”, dijo, “todavía estarán las ecuaciones de la mecánica de los fluidos, el fenómeno de la turbulencia”. Por ejemplo: al estudiar la mecánica de los fluidos, cuyos conocimientos básicos son de aplicación en la ingeniería química e hidráulica, en oceanografía, en meteorología y hasta en la teoría matemática de la turbulencia, el investigador se estará encaminando hacia un área de interés para el país. Pero con respecto a las “modas” sospecho que suele haber ciertos equívocos. Hace 30 años en estos países pensábamos que “la física” era la física nuclear. Créo que los físicos eran y aún son un poco arrogantes: siempre se consideraron investigadores capaces de entenderlo todo. Ahora está de moda hablar de TOE, *Theory of Everything*: las supercuerdas son la teoría de todo. Algunos, irónicamente, las llaman TON, *Theory of Nothing*. Es un poco la vuelta al optimismo positivista. La solución al problema de las “modas” consiste en estimular las áreas prioritarias con más becas y mayor presupuesto.

¿Cómo ve usted la relación entre la universidad, los institutos de investigación y las empresas?

Este es un problema complejo que cualquier gobierno tendrá que enfrentar. Gran parte de la economía del Tercer Mundo, particularmente la de los países que producen alta tecnología, está en manos de las multinacionales y esto continuará siendo así por mucho tiempo. Sólo es posible estabilizar la ciencia de nuestros países, insisto, si se propicia la demanda de creación de *know how*: pagar patentes sin preocuparse por generar *know how* es suicida. Esto es muy importante para la evolución de la ciencia, por lo menos en algunos aspectos de la alta tecnología. El gobierno debe crear mecanismos que estimulen la demanda de creación de *know how* nacional. Grandes empresas estatales, como YPF y Petrobrás, son clientes seguros de todo el desarrollo científico que se alcance. Actualmente hay algún esfuerzo aislado de empresas mul-

tinacionales en el sentido de crear buenos laboratorios de investigación, pero ésta no es la regla. Debe haber también algún mecanismo que favorezca a las empresas que instalan laboratorios de investigación y fomenten la creación de *know how* nacional. En cuanto a la relación universidad-empresa, lo ideal sería que la primera funcionase como un centro de investigación básica. Ella es el espacio de resonancia de todas las cosas nuevas que luego serán absorbidas por las empresas y los institutos especializados. Aquí tenemos que ir “a los ponchazos” y hacer lo que se pueda donde pueda ser hecho.

Los criterios que deben orientar la inversión en ciencia y tecnología en países económicamente dependientes, como la Argentina y Brasil, son motivo de incesantes polémicas. Sería interesante conocer su punto de vista.

En Europa, el promedio de inversiones en ciencia y tecnología es del orden del 3% del producto bruto interno, mientras que en Brasil no llega al 1%. Pero por lo menos, en lo que respecta a ciencia básica, hay más inversiones en Brasil que en todo el resto de América Latina. La cuestión de las prioridades es muy importante: es necesario planificar, pero no exageradamente. Tiene que haber ductilidad para que las personas puedan orientarse de acuerdo con sus inclinaciones. Los físicos tienen una parte de culpa por una planificación excesiva. Después de la segunda guerra mundial parecía que la única física existente era la física nuclear y hubo un olvido casi total de la física clásica, de la óptica, de la mecánica de fluidos. Esta última tiene una aplicación enorme, no sólo en oceanografía sino también en ingeniería química y en meteorología. La reacción que tuvo lugar en la Argentina, Brasil, Venezuela y Colombia cuando surgió el proyecto de superconductores “calientes” fue bastante positiva. Es muy importante que siga adelante. La comunidad científica debe corresponder a las expectativas de la sociedad y no pretender que todo se reduzca a la publicación de *papers*.

Otro problema candente es el de la ética del científico en su relación con el poder. ¿Cuál es su opinión al respecto?

Desdichadamente, el problema de la ética no está resuelto ni aquí ni en el hemisferio norte. Creo que se trata de un problema individual: cada uno, de acuerdo con su conciencia, sabe lo que está dispuesto a hacer. Y cuáles son sus límites. Personalmente odio cualquier tipo de arma, particularmente las nucleares. No deben fabricarse armas nucleares: es inmoral y esto vale para nuestros países y para los del hemisferio norte. Ellos no tienen una ética superior a la nuestra para reivindicar el derecho a tener armas nucleares. ¡Ningún país debe tener armas nucleares!

Pero las cifras de científicos y tecnólogos que colaboran en programas bélicos es alarmante. ¿Bastan los periódicos llamados a la conciencia ética de los investigadores para que la situación se revierta? ¿Quiénes deben decidir, por ejemplo, sobre cuestiones tales como la orientación de los programas nucleares? ¿Los científicos, los políticos?

El problema es complejo. Durante la guerra de Vietnam ningún premio Nobel vinculado con la biología aceptó trabajar para el gobierno de los Estados Unidos en temas que pudiesen tener aplicación bélica. En cambio sí colaboraron varios Nobel del campo de la física. Tengo la impresión de que los biólogos percibieron a través de la genética las cosas que el hombre puede hacer y eso los sensibilizó frente a las implicaciones de sus estudios para el

MEMORIA DE LOS AÑOS SESENTA

Lo conocí a Giambiagi en un momento clave de mi vida de estudiante. Hasta ese momento yo vacilaba entre orientarme hacia la física o la matemática. En tercer año tuve que hacer el curso de mecánica, que él dictaba, y así descubrí la existencia de la física teórica. Los alumnos llegaban a su curso después de haber pasado por otros muy básicos y se encontraban con un hueso duro de roer, ya que el *Bocha* lo dictaba según los lineamientos de un libro complicado y lleno de formalismos, el de Goldstein. También me fascinó Giambiagi mismo: su entusiasmo, su modo apasionado (y agresivo) de transmitir en clase amor por la física. Decidido a hacer física teórica, traté de que me aceptara en su grupo, donde estaban Bali, Pignotti, Garibotti. Pero no era fácil. El *Bocha* me derivaba a otros cursos: los de hidrodinámica de plasma, con Carlos Varsavsky, o los de Bollini. Al final conseguí ser admitido en el círculo áulico y trabajé con él. Giambiagi se negaba a que la gente estudiase y estudiase sin hacer nada propio: había que pelotear ideas, calcular, sacar resultados. Fue mi primer contacto con la investigación en serio. Pero en otro plano nuestra relación en aquel tiempo fue un poco de amor y de odio, de discusiones ideológicas: yo era un militante de aquellos que criticaban al Departamento de Física por cientificista o porque se aceptaban subsidios de empresas multinacionales. Hoy debo reconocer que, aunque predominase la gente que hacía física teórica de partículas, Giambiagi nunca permitió que se desatendiesen áreas que tienen una mayor vinculación con lo tecnológico y con la física experimental. Y en lo personal diré lo que le debo: aprendí del *Bocha* a no tenerle miedo a nada en cuestiones de física.

Miguel A. Virasoro

Departamento de Física, Universidad de Roma (Italia)



Giambiagi con jóvenes estudiantes en Río de Janeiro.

Mi relación con J. J. *Bocha* Giambiagi empezó de modo totalmente casual. Yo residía en los Estados Unidos, donde estudiaba física en la Universidad de Columbia, pero debí regresar a la Argentina para cumplir con el servicio militar. Cuando dejé el ejército, en marzo o abril de 1960, me encontré “desfasado” con los cursos de Columbia, a los que no podía reintegrarme hasta septiembre u octubre. En realidad no sabía muy bien si quería o no volver a los Estados Unidos: Columbia no me había resultado un lugar demasiado grato, pero al mismo tiempo pensaba que en la Argentina era imposible hacer física con un mínimo de decoro. De todas maneras me fui a Perú 222, donde estaba el Departamento de Física de la Facultad. No tenía nada que perder.

El lugar me pareció lóbrego, deprimente, con pasillos oscuros que poco tenían en común con los recintos de Columbia. Pensé: ¿qué clase de física se puede hacer en estas condiciones? Encontré a Giambiagi en la puerta de su oficina y le expliqué mi caso. Me cayó bien, parecía un físico norteamericano: lentes con armazón delgada, cabello corto. Pero su recepción fue bastante fría. Dijo que, bueno, había en vista unos seminarios a los que podría asistir y luego veríamos qué hacer conmigo. Yo estaba un poco decepcionado. Al fin de cuentas, me decía, durante varios años me había formado en una universidad norteamericana y ahora, en un ambiente que imaginaba de muy bajo nivel, se me recibía con reticencia. Pero, a falta de otra cosa, acepté.

Un mes después supe que al menos ese año no regresaría a los Estados Unidos. Me había equivocado: el grupo de Giambiagi quería y podía hacer física original. Estaban Pignotti, Garibotti, Delbue y algunos otros. El *Bocha* nos tiraba *papers* y a discutir. Había pasión y entusiasmo por lo que hacíamos, y la certeza de que todo aquello, tarde o temprano, iba a tener proyección para la física en la Argentina. Pero existía también el interés profundo de Giambiagi por introducir el mismo espíritu en la enseñanza. Su curso de mecánica era el primer contacto de los alumnos de la licenciatura con la física teórica; un curso duro al que nosotros, los docentes auxiliares, no lo hacíamos más fácil: éramos feroces. A mí me gustaba asistir a sus clases, divertidas pero complicadas, en las que el *Bocha* ponía una dimensión emocional que le es muy característica.

¿Qué aprendí de Giambiagi? Ni más ni menos que el significado de la investigación en física teórica. Mi formación norteamericana había sido clásica, académica, y la física no había sido para mí mucho más que lo que dicen los libros de texto. Pero es imposible trabajar con Giambiagi si uno pretende sostener esa visión libresca y sobrevivir. En aquella época la mayoría de nosotros tratábamos de hacer física teórica de partículas sin preocuparnos por sus proyecciones tecnológicas, aunque es verdad que —una vez que el Departamento estuvo consolidado— Giambiagi mostró su preocupación porque existieran grupos de física experimental, de hidrodinámica de plasma y otros.

Luego vino mi interés por una física más orientada hacia la tecnología y la industria, pero ello ocurrió después de 1966. En 1971 algunos de quienes habíamos estado en aquel Departamento regresamos a la Argentina, a ese mismo lugar, y tuvimos coincidencias de fondo con Giambiagi —que enseñaba en La Plata, donde también estaba Bollini— acerca de la necesidad de promover una física más comprometida con lo tecnológico y social. Así, por ejemplo, Alberto Pignotti y yo nos dedicamos a realizar un estudio técnico de la red de gas de Buenos Aires. Estas ideas son las que hoy promueve Giambiagi desde el CLAF, aunque no le será sencillo inculcarlas aquí, en la Argentina: nuestra física sigue aislada de la tecnología y la industria, y a quienes pensamos que ello no es bueno se nos mira aún como a bichos raros, un poco marginales.

Era un lindo grupo el de Buenos Aires. Aprendimos a investigar en física mientras compartíamos la vida cotidiana. Y el fútbol de los viernes. Ahí jugábamos con reciedumbre e incluso a veces teníamos lesionados, sobre todo cuando el rival era el equipo de Ingeniería. Yo era *fullback*, pero la dupla Giambiagi-Bollini se iba siempre arriba, al ataque. Igual que afuera de la cancha.

Naren Bali

Dirección de Ingeniería, Techint

futuro de la humanidad. Surgió entonces una preocupación ética mayor entre ellos que entre los físicos. Si este problema es muy difícil de resolver en los Estados Unidos o en Europa lo es más en los países del Tercer Mundo. Y es inútil proclamar que los físicos no deben trabajar en problemas relacionados con la industria bélica cuando muchos de ellos no tienen trabajo pero sí familia e hijos que mantener. Acaban siendo contratados para calcular la trayectoria de una bala de cañón, de un misil... En cuanto a las decisiones relacionadas con la política nuclear, ellas no pueden basarse en consideraciones puramente tecnocráticas; tienen que acompañarse de otras, políticas, humanas. Por ello toda la comunidad debe participar. Einstein consideraba el problema nuclear por demás complejo para ser resuelto sólo por los físicos. Según él, ésta es una cuestión que debe ser debatida por el pueblo en la plaza pública. Y si todos se equivocan, ¡paciencia! Es un riesgo colectivo.

Los puntos de vista acerca del empleo o no de la energía nuclear son muy dispares. Hay países desarrollados que quieren limitarla y, a la inversa, en ciertos países del Tercer Mundo se afirma que es imprescindible para el desarrollo.

Con la energía nuclear pasa algo muy curioso. Hubo un tiempo en que se podía pensar que la derecha estaba nítidamente a favor y la izquierda en contra, o viceversa. Hoy Cuba y la Unión Soviética están a favor; Italia y Alemania en contra, Francia a favor; en Suecia los conservadores están en contra y los socialistas a favor. ¡Es un problema muy intrincado! Cada país tiene una situación diferente. Hoy la respuesta no puede ser dada apoyándose únicamente en criterios políticos: tiene que estar basada en estudios serios. Este es también un problema que las comisiones de energía nuclear de América Latina deben estudiar conjuntamente. Pero la preocupación ante este problema deberá ser mayor o menor según las condiciones socioeconómicas del país. En Ecuador, por ejemplo, las actividades de posgrado deben concentrarse en cuestiones tales como El Niño, vinculado con algo que da de comer al pueblo ecuatoriano. Allí no tiene sentido hacer grandes proyectos de física de partículas o de física nuclear. El Niño sí es prioritario.

¿Qué análisis crítico haría de su propio trabajo como físico?

Durante más de 20 años trabajé en colaboración con el profesor Bollini, incluso en la orientación de estudiantes en Buenos Aires, La Plata y el CBPF. Tal vez lo más importante que hicimos haya sido la formación de nuevos investigadores. Particularmente en el período en que estuvimos en Buenos Aires influimos sobre miles de estudiantes a través de la enseñanza de la física básica. En el campo de la investigación, la contribución más original fue el desarrollo de la eliminación de las divergencias en la teoría cuántica de campos, usando el número de dimensiones como variable continua. En general ese tema de la regularización fue recurrente en nuestros trabajos. Ultimamente trabajamos en supersimetría en seis dimensiones, idea que surgió como consecuencia del aislamiento: o pensábamos algo nosotros mismos o perecíamos como físicos.

¿Qué le diría hoy a un joven interesado en iniciar una carrera científica en América Latina? ¿Qué perspectivas ve para él, qué tipo de visión de la ciencia debería heredar?

La ciencia debe ser apoyada como valor cultural tanto como el arte, la literatura o la música. Siendo así, cualquier sociedad

que se respete debe promoverla. Pero la ciencia es aún más que eso: es el instrumento que podrá transformar a la sociedad en algo más moderno, más dinámico, más creativo. Podrá suprimir la miseria. Yo le diría al estudiante que haga lo que le produzca placer. Acepto perfectamente que alguien deteste las computadoras, aunque la informática —así como la biología y las ciencias ligadas al cerebro— esté entre las ciencias más promisorias del futuro. Ellas tendrán probablemente más trascendencia social que la física de partículas, limitada por los altísimos costos de los aceleradores. La física de partículas no será el centro de las ciencias físicas como hace 30 ó 40 años. El hombre mide entre un metro y medio y dos metros, y su corazón late una vez por segundo: esto define más o menos la escala humana. Pero cuando hablamos de tiempos de 10^{-50} s o longitudes de 10^{-40} cm nos hallamos muy lejos de esa escala. Avanzar en este terreno es carísimo y hará falta mucho bla-bla para convencer a diputados y senadores de que destinen los recursos necesarios. Además, los físicos de esa área tendrán que enfrentar deserciones que, por otra parte, ya están ocurriendo. Hay científicos brillantes —como Anderson, por ejemplo— que se oponen al gasto de billones de dólares en grandes aceleradores. El ámbito de origen de las ideas nuevas se está desplazando desde el campo de las partículas elementales hacia el de la materia condensada: con cinco mil millones de dólares se puede hacer mucho en materia condensada o en biología, con resultados sin duda más notorios que los que pueden ofrecer quienes trabajan en partículas elementales. También la astrofísica tendrá un papel importante en el futuro. Habrá laboratorios espaciales que originarán una cantidad muy grande de nuevas informaciones y, consecuentemente, un gran avance en todos los campos de la ciencia. Ese avance provendrá probablemente más de la astrofísica que de la física de aceleradores de partículas. Las ciencias del espacio son muy importantes, pero colocar un satélite en órbita cuesta millones de dólares y un proyecto de esta naturaleza debe ser compartido por los diferentes países de América Latina.

¿Cómo surgen las ideas en física?

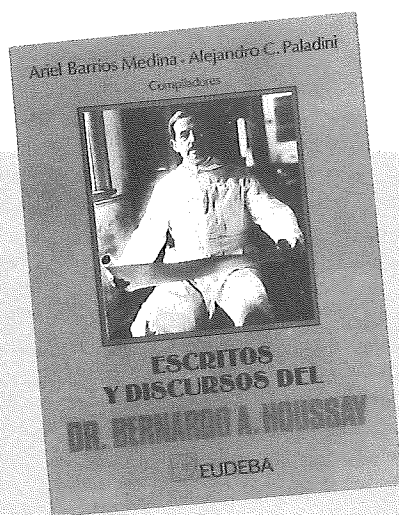
Un ambiente con exceso de información no es adecuado para el desarrollo de ideas propias. Las mejores ideas no surgen en el CERN o en el Instituto de Tecnología de Massachusetts. En Italia, por ejemplo, hay muchas universidades donde las personas trabajan con tranquilidad, sin el clima tenso que se respira en Harvard o en el CERN: eso es bueno. Y hablando de creatividad, me gustaría recordar una vez más la máxima de Dirac: “Si usted quiere tener ideas, vaya a dar un paseo por el bosque. Si se sienta frente a una mesa las ideas se rehusarán a aparecer”. El trabajo creativo tiene que involucrar placer. No creo en los que no pueden ir al bar a tomarse un café porque, dicen, eso es perder el tiempo. La presión del imperativo *publica o perece* perjudica la calidad de la investigación: hay que publicar porque la mayoría de las personas no tienen un empleo estable y dependen del *paper* para lograr la prórroga de un contrato. En esas condiciones es muy difícil hacer algo original, creativo.

¿Qué lo atraía hacia la física, qué le atrae de ella?

La singular belleza de sus teorías.



La edición de texto de esta entrevista fue realizada por Guillermo Boido a partir de una versión previa elaborada por los equipos técnicos de la revista Ciência Hoje y traducida al castellano por Angela Saltarelli.



Ariel Barrios Medina y Alejandro C. Paladini (compiladores), *Escritos y discursos del Dr. Bernardo A. Houssay*, Buenos Aires, Eudeba, 1989, 632 págs.

En 1942, el pintor Jorge Beristayn donó sus honorarios por el retrato de Bernardo A. Houssay, encomendado por discípulos y amigos de éste, con la visionaria finalidad de que se reunieran en un armonioso conjunto los escritos y discursos del ilustre fisiólogo, seguro de que "estructuran un cuerpo de doctrina, rico en valiosas enseñanzas, las que por ser el fruto de la experiencia constituyen un programa de acción aplicable a nuestro ambiente. Quedará también así accesible a las futuras generaciones el pensamiento de su poderosa personalidad para darles luz y ejemplo de consagración a un ideal...". Y el artista tenía razón, pues transcurridos casi 50 años, lo dicho por el propio Houssay sigue siendo la única fuente de información sobre su persona, sus ideas, sus triunfos y sus decepciones. Aunque muchos discípulos le han dedicado resúmenes biográficos o escritos sobre algunas facetas de su personalidad científica, el relato analítico de su vida no encontró hasta hoy quien lo realizara con la suerte que correspondió, por ejemplo, al doctor Johnson con Boswell, a Osler con Cushing, a Cushing con Fulton o a Marañón con Laín Entralgo. Los *Escritos y discursos* reunidos gracias a Beristayn terminan en marzo de 1941, pero la palabra de Houssay siguió resonando durante otros 30 años con invariable vigencia. Ahora, Ariel Barrios Medina y Alejandro C. Paladini, con el patrocinio de la Universidad de Buenos Aires y el CONICET, tuvieron el acierto de unir a lo ya conocido lo aún reservado principalmente en el Museo Bernardo A. Houssay.

El vasto contenido se distribuye en un do-

Releer a Houssay

ble ordenamiento, por materias y cronológico; se inicia con la introducción de su tesis de doctorado de 1911, la nota de presentación al concurso de profesor titular de Fisiología en 1919, y sigue con sus trabajos sobre Farmacia, en los cuales en su condición de farmacéutico reivindica el significado de esta ciencia y profesión. Allí se incluyen recuerdos autobiográficos, como su decisión, a los 14 años, de bastarse a sí mismo con un sueldo mensual de 10 pesos y la matriculación en la Escuela de Farmacia merced a un certificado de pobreza.

La Farmacia no era continente para tanto talento y bien pronto sus escritos se expandieron a la Medicina. En ellos muestra con lucidez y penetración las virtudes de esta ciencia, la motivación para emprender su estudio y enseñanza, las vicisitudes y los múltiples problemas con las propuestas para superarlos; al mismo tiempo, dirige la mirada al pasado, al presente y al futuro de la medicina con páginas dedicadas a algunos de sus arquetipos. En cuando a la fisiología en particular, expone su historia en la Argentina, su ubicación dentro de la medicina y la descripción del ejemplar centro de enseñanza e investigación que fue el Instituto de Fisiología, donde se desempeñó desde 1919 hasta 1943, y de la Sociedad Argentina de Biología, además de sus trascendentes estudios sobre la diabetes hipofisaria. Refiere luego su alejamiento de la Universidad, la decisión de permanecer en su patria y el audaz montaje del Instituto de Biología y Medicina Experimental. Describe viajes y honores, la recepción del premio Nobel, conferencias en el extranjero y el análisis de lo allí observado. También están expuestas aquí sus inquietudes acerca de la Universidad en conjunto, especialmente sobre su organización, funciones científicas y sociales, sus crisis y problemas, y las bases para impulsar su consolidación.

Farmacia, medicina, fisiología, universidad, en la concepción de Houssay constituían estrellas integrantes de una constelación mucho más vasta: la ciencia, promotora principal de sus escritos, conferencias y discursos. Por eso enfoca las causas de su atraso y porvenir en la Argentina y en América Latina, y cómo se la debe ayudar. Se ocupa de las ciencias básicas, las investigaciones aplicadas, la originalidad en la investigación, el hombre de ciencia, la formación de investigadores y su responsabilidad, los

obstáculos, el significado de las ciencias para el adelanto nacional, los becarios y la emigración de científicos. Finalmente, su infatigable esfuerzo quedó concretado en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, descrito en su conferencia sobre la Carrera del Investigador.

La parte final del libro incluye artículos históricos, el recuerdo de sus colaboradores y el intercambio con quienes tuvieron la fortuna de aproximarse a la irradiación de su talento y su culto por la ciencia y la verdad.

El esfuerzo de los compiladores puede considerarse logrado, pero como ningún libro termina en la última página, deben augurarse reediciones. Con este augurio son convenientes algunas observaciones que no merman sus méritos. Hubieran merecido figurar, como en la edición de Beristayn, el escrito dedicado al libro de Abraham Flexner sobre la educación médica (1931), al que asignaba trascendente importancia; la conferencia sobre la celebración del tercer centenario de la Universidad de Harvard; el discurso conmemorando el 25º aniversario de la Institución Cultural Española (1939) y lo escuchado por algunos de los más ilustres endocrinólogos del mundo en la apertura del Segundo Congreso Panamericano de Endocrinología (1941). También hubieran merecido ser reproducidas las memorables palabras encabezadas con el título *Tendencias a la vida fácil* (1940) y que sintetizan su credo: "Es preciso inculcar en los argentinos la noción del deber del servicio público y de la obligación imprescriptible de trabajar y trabajar bien. Hay que hacer comprender que hay deberes y no sólo derechos y que no puede existir firmeza de cualquier régimen político si no se fundamenta en el patriotismo abnegado, la austeridad y rigidez en la moral pública, y en una voluntaria y sólida disciplina".

No resultará redundante entonces recomendar la lectura de este importante trabajo. Quienes ya conocían su contenido, gozarán al repetir la lección del maestro; quienes lo ignoraban, aprenderán cómo, hace más de 60 años, este hombre genial presentaba problemas y proponía soluciones a temas que actualmente parecen no tenerlas, como por ejemplo la limitación del ingreso a la Facultad de Medicina.

Rodolfo Q. Pasqualini

INDÍGENAS EN EL MERCADO COLONIAL

Miguel A. Palermo

Museo Etnográfico, Universidad de Buenos Aires

Hacia el siglo XVI, la Patagonia y la Pampa estaban pobladas por cazadores y recolectores que carecían totalmente de ganado y de agricultura.

Cien años después, los cultivos se abrían paso en algunas zonas y la ganadería signaba la vida de los mismos pobladores indígenas, transformando profundamente sus costumbres.

Cuando los españoles se instalaron en los actuales territorios argentino y chileno, muchas cosas cambiaron para los indígenas que los habitaban. Para gran cantidad de ellos, el avance hispano trajo la sujeción a la maquinaria colonial y la desarticulación de su sociedad y de su cultura, cuando no directamente la desaparición física. Pero en la Araucanía, en el Chaco, en buena parte de la llanura pampeana y en la Patagonia, durante siglos ese avance no pudo sentar sus reales por diversas causas: la resistencia local, la impenetrabilidad de ciertas zonas, las características del mismo proceso colonial que centraba sus intereses en otras áreas. En consecuencia, allí las tribus mantuvieron control de sus territorios e independencia política. Sin embargo, esto no implicó, como podría creerse en primera instancia, que permanecieran marginales respecto del espacio económico colonial, al cual se incorporaron de manera peculiar.

Aquí nos ocuparemos de lo ocurrido en la Pampa y en la Patagonia, regiones que —más allá de su diferenciación geográfica— han de abordarse en conjunto cuando de la problemática aborigen se trata, dados los intensos procesos antropológicos que las unieron.

Por tres siglos, hasta la séptima década del XIX, los indígenas de este ámbito, diversos en su origen étnico, siguieron dueños absolutos del mal llamado “Desierto”, llegando a constituir hacia el Norte poderosas confederaciones, temidas del otro lado de las fronteras con los “blancos”.

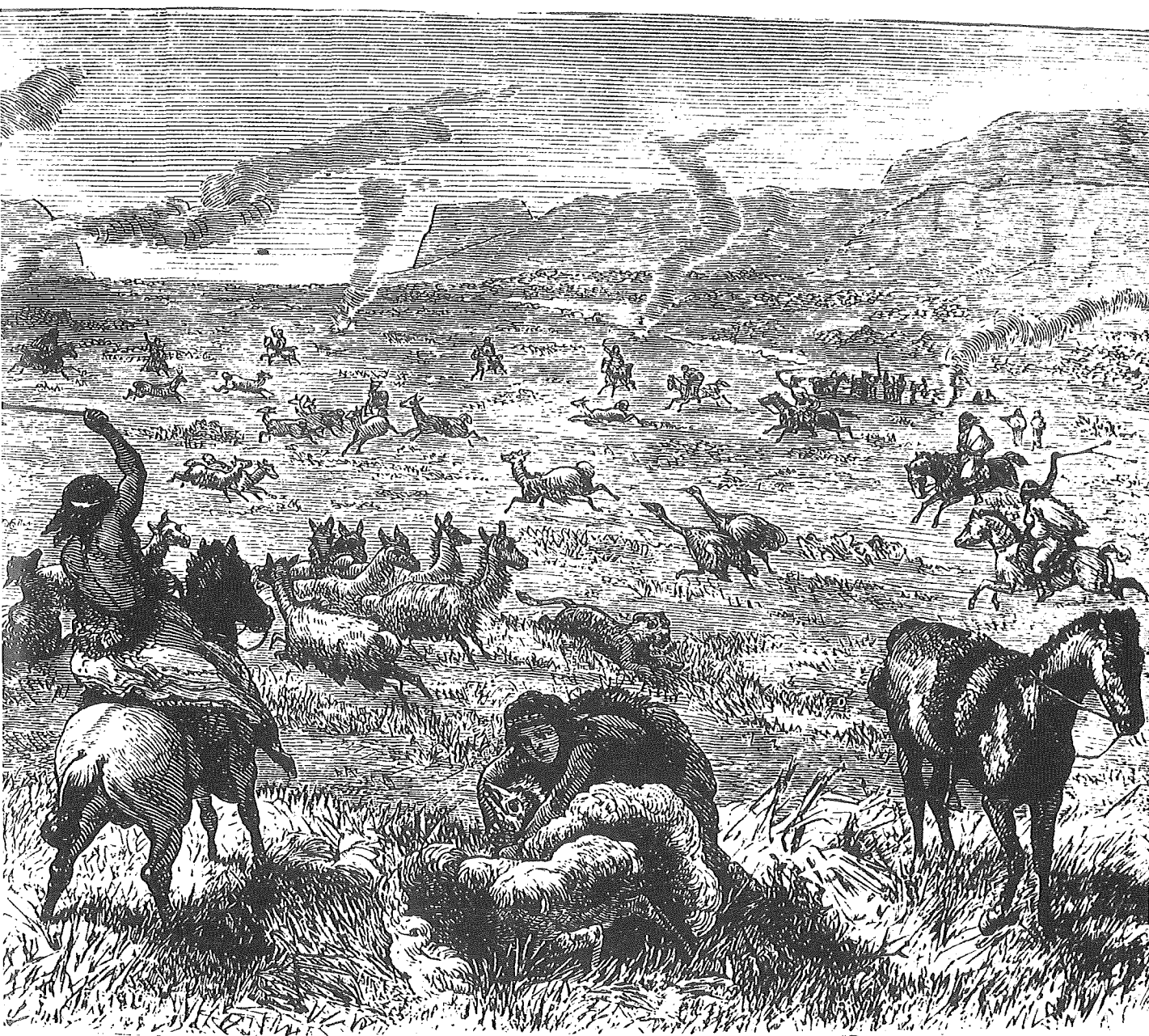
Pero al tiempo que se alternaban épocas de guerra y paz, con avances y retrocesos de esas fronteras, las tribus locales incorporaron cantidad de elementos de origen europeo, en un proceso de selección autónoma. Entre dichas novedades, tuvieron mucha importancia distintas especies agropecuarias. Caballos, vacas, lanares, trigo, cebada, legumbres y hortalizas fueron ingresando en su vida cotidiana, con variaciones locales y en distintos momentos (véase “Animales y cultivos llegan al Sur”).

El impacto de estas innovaciones económicas fue variado en las sociedades indígenas de ambas regiones, que hasta el siglo XVI se ocupaban básicamente de la caza y de la recolección de vegetales silvestres. Los tehuelches meridionales al sur del río Chubut, por ejemplo, aunque incorporaron el caballo (en una escala modesta) y fueron eventuales consumidores de vacunos cimarrones, mantuvieron en lo esencial su antigua economía, facilitada ahora con el con-

curso de la equitación, que hacía menos fatigosa la caza y más llevaderos sus largos viajes estacionales. En cambio, los grupos de Norpatagonia y de la Pampa ingresaron en un circuito económico diferente, en el que la ganadería tenía papel crucial; además, protagonizaron un fuerte proceso de “araucanización” —que incluyó la instalación de contingentes trasandinos, al menos desde el siglo XVIII—, de cuya mano vino, entre otras cosas, la agricultura.

Una tradición de la antropología argentina llevó por años a considerar casi exclusivamente la importancia del caballo entre los indígenas, dejando de lado —cuando no negando— la significación de otras especies agropecuarias. El caballo es, sin duda, el caso más evidente de transformaciones aquí ocurridas:





se convirtió pronto en vehículo, en irremplazable elemento para la guerra, en presencia usual en la dieta, en prenda de las dotes matrimoniales, en objeto ritual. Alrededor de él, los indígenas adoptaron técnicas europeas para su manejo e inventaron otras, y llegaron a prácticas de adiestramiento de los animales que los criollos, de fama mundial como jinetes, nunca alcanzaron.

El caballo permitió —si no viajes más largos, porque en la época pedestre también se hacían— desplazarse con más comodidad, y se convirtió en un bien acumulable, capaz de permitir concentración de riqueza. Pero quizás una de sus mayores ventajas fue su carácter insustituible para los arrees de ganado, convirtiéndose en herramienta básica de una nueva economía.

Varias obras antropológicas tradicionales sostuvieron, por otra parte, que la in-

corporación de este animal había acentuado tendencias al nomadismo, al punto de que los grupos llegados de Chile, desde el área de influencia araucana, habrían abandonado su agricultura —supuestamente incompatible con la equitación— para transformarse en cazadores errantes. En realidad, esto no ocurrió así, y si bien los tehuelches meridionales continuaron con sus habituales periplos estacionales, el panorama fue variado hacia el Norte, desde la trashumancia de veranadas e internadas entre algunos pastores pehuenches de la cordillera o “pampas” del Sur de Buenos Aires, hasta el mayor sedentarismo de los ranqueles pampeanos o de otros grupos del Oeste. Lo que en realidad ocurría es que partidas de hombres solían hacer largos recorridos en busca de ganado, hecho completamente distinto del verdadero nomadismo.

Grabado del libro de Musters (1871), donde se ilustra una escena de tehuelches en plena cacería a caballo.

Además de los caballos, también las vacas y los lanares cobraron gran importancia para estas poblaciones, fundamentalmente en la Pampa y en Norpatagonia. Las primeras proporcionaban cueros, carne y, al menos en algunos grupos, leche, además de ser objeto de intensos intercambios por otros productos. Los segundos, además de lo anterior, proveían lana, usada en la tejeduría local —generalizada en el Norte de Patagonia y en la Pampa desde el siglo XVIII por influencia araucana—, cuyos productos, fuera de abastecer las necesidades internas de vestimenta, ingresaban también en circuitos de intercambio. Tan importantes eran las ovejas y los cuidados que



Mercaderes pampas, una presencia cotidiana en Buenos Aires, según acuarela de E. E. Vidal (1820).

se les prodigaban entre algunos grupos, que los indios lograron una variedad o raza superior en calidad a los primitivos ovinos hispanos: eran las ovejas “pampas”, de mayor corpulencia y largo del vellón, apreciadas en Chile durante el siglo XVIII y que en el XIX atrajeron a los primeros dueños de estancias de ovinos en Buenos Aires. Estos adquirieron majadas de este tipo a los “pampas” bonaerenses para cruzarlas con merinos.

La influencia araucana también introdujo los cultivos, aunque con peso desigual según las áreas: inexistente entre los tehuelches del Sur o los grupos de las sierras bonaerenses, por ejemplo, tenía fuerte gravitación en tribus de la cordillera neuquina y rionegrina, así como en algunas poblaciones pampeanas. Se combinaban aquí especies de origen tanto americano (el maíz, la papa, el zapallo, el poroto) como europeo (el trigo, la cebada, la cebolla, la sandía, el

melón, la lenteja, el garbanzo, el haba) y es de notar que estas últimas no fueron introducidas —como podría pensarse— directamente a partir de centros hispanos, sino por vía de los araucanos de Chile, pioneros en la materia.

El efecto más trastornador de la introducción de estas especies agropecuarias en las sociedades indígenas de ambas regiones va mucho más allá de las posibilidades que ofrecen para el consumo (la disponibilidad de *stocks* permanentes de proteínas en los ganados, las fibras textiles, el aporte de los vegetales cultivados, etc.). A nuestro entender, el auge ganadero local se explica en su mayor medida en función de una incorporación cada vez más intensa a los mercados coloniales y luego republicanos: a pesar de la fricción interétnica que signaba el drama de las relaciones entre “indios y blancos”, los dos

sectores se encontraban integrados muy sólidamente en un sistema económico marcado por el capitalismo mercantil.

El Potosí, famoso centro minero entre los siglos XVI y XVIII, concentraba una enorme masa de población (voluntaria o forzada) que requería alimentos, indumentaria, animales de carga, sebo para iluminación, etc. Así, Cuyo, Santa Fe, Córdoba, Buenos Aires y Chile enviaban allí ganado en pie, mulas, cueros, sebo, etc. Buenos Aires, además, exportaba sebo, cueros y cecinas al Brasil y a las colonias del Caribe. Tardíamente, en el siglo XVIII, y en mucha menor escala, establecimientos europeos en las costas patagónicas también necesitaron abastecerse de animales y cueros.

A su vez, como contrapartida, había producción colonial cuyos excedentes buscaban mercado: bebidas alcohólicas, yerba mate, tabaco, azúcar, artesanías, etc., a lo que se sumaban mercancías llegadas de Europa.

Por su parte, los indígenas controlaban gran parte de las llanuras donde abundaba desde el siglo XVII el ganado vacuno y caballar salvaje, al que de a poco se irían añadiendo los rodeos criados en las tribus y sus majadas de lanares. Y cuando había guerra, los malones arreaban “tierra adentro” los animales de las estancias atacadas.

Pero este ganado no se retenía totalmente en territorio indígena. De lo que al principio, ya en las primeras décadas del siglo XVII, fue sólo un tráfico de caballos con los araucanos de Chile, que debían montarse para resistir al español, se pasó a un flujo que incluía vacas y ovejas, destinadas ya a los comerciantes chilenos, necesitados de animales para llevar al Potosí. La guerra no interrumpía tales vínculos: la trata clandestina o la intermediación de tribus “amigas” aseguraba la circulación por las fronteras de Chile. A cambio, venían para el Este tejidos y platería araucanos y manufacturas europeas o coloniales: armas, herramientas, bebidas, ropa, etc. Pero mercaderes “pampas” también hacían transacciones en la misma Buenos Aires, entregando animales, plumas, cueros, tejidos indígenas y otras cosas a cambio de azúcar, tabaco y yerba mate del Nordeste, bebidas cuyanas, armas y otros utensilios. Estos artículos iban hacia el Oeste por rutas definidas que seguían las “rastrilladas” marcadas por años de circulación y se distribuían siguiendo complejos circuitos, con aparición de verdaderas ferias que se formaban en determinadas épocas del año y a donde convergían indígenas de distintas procedencias. Todos esos bienes, lejos de ser curiosidades de consumo eventual, se iban convirtiendo en elementos indispensables para la vida cotidiana de las “tolderías”.

En suma, no sólo sucedía que los indios no consumían todo el ganado del que dis-

Animales y cultivos llegan al Sur

Desde centros de irradiación originales en la primera Buenos Aires (abandonada en 1541), Cuyo y Chile (desde mediados de ese siglo), la adopción de caballos por los indios se registra en 1599 en cercanías de Buenos Aires (cuando ya aparecen manejando grandes cantidades de animales y son comedores de yeguas) y en 1621 en la zona del Limay. Pero en Norpatagonia seguramente el proceso fue más temprano, a juzgar por las incursiones de los pehuenches de la cordillera neuquina sobre Chile en el siglo XVI, donde los araucanos se habían iniciado en la equitación a mediados del mismo. Entre los tehuelches meridionales, se certificó en 1745 el sacrificio de animales en ritos fúnebres, en San Julián (actual provincia de Santa Cruz), demostrándose así una afianzada familiaridad y una importancia grande de los equinos. Hay un antecedente, discutido, sobre equitación en 1741, en Cabo Virgenes. Posiblemente esta adquisición sea bastante anterior, aunque no existen pruebas.

Las vacas se difundieron en manadas de cimarrones descendientes de animales traídos a Santa Fe en 1570 y a Buenos Aires en 1580; también es probable que hayan irradiado de manera similar desde Cuyo, en la misma época. Aparentemente, en 1611 los indígenas "pampas" cercanos a la ciudad de Buenos Aires ya las utilizaban como alimento, y en 1628 es seguro el uso de su cuero para confeccionar los clásicos coletos defensivos (especie de armaduras) entre "serranos" del Oeste, tehuelches septentrionales. En Santa Cruz, en 1781, se registra la caza de vacas cimarronas por parte de los tehuelches de San Julián.

Durante el siglo XVII las ovejas tuvieron poca importancia en Buenos Aires, y sus rebaños fueron casi exterminados por los perros cimarrones; en Cuyo colonial su gravitación era en cambio mayor. Esta situación se refleja en lo ocurrido entre indígenas de diferentes zonas, ya que no hay noticias tempranas para los grupos bonaerenses. La primera mención conocida sobre su uso por indígenas es de 1628, cuando "pampas" o "puelches" de San Luis aparecen pastoreando estos animales. En 1746 se documenta entre indios del Neuquén la existencia de una raza de oveja de superior calidad a la "churra" introduci-

da originalmente de España, demostrándose así una larga tradición local de cría. En 1770, "pampas" del Sur de Buenos Aires ya aparecen con majadas.

Las cabras, de menor importancia, fueron observadas por primera vez en 1770, en el mismo grupo anterior, y diez años después, entre pehuenches del sur de Mendoza.

Los cerdos representan el único caso local de resistencia cultural a una especie pecuaria exótica, por tabúes religiosos que interpretaban a estos animales como descendientes de seres humanos transformados en bestias por su maldad. Su aprovechamiento consta sólo en la década de 1870 y esto en tribus de origen al parecer chileno (los araucanos trascordilleranos, justamente, eran consumidores de cerdos desde el siglo XVI).

Las gallinas son mencionadas por primera vez en 1619 como criadas por gente de la tribu del cacique Bagual, en el río Luján (provincia de Buenos Aires). En 1630, se registran estas aves entre "pampas" del Sur de Córdoba. Con posterioridad, aparecen en el Sur de Buenos Aires (1782), e incluso entre tehuelches de Santa Cruz (1834), quienes durante sus migraciones las transportaban sobre sus caballos cargueros. Cabe señalar que en todos estos casos existe la posibilidad de que además de gallinas europeas (*Gallus gallus*) se trate de gallinas "araucanas" (*Gallus inauris*), especie doméstica americana.

En cuanto a cultígenos: trigo y ceba-

da fueron cultivados tempranamente, desde por lo menos mediados del siglo XVII, por los pehuenches neuquinos, que se iniciaron así en la agricultura con dos plantas provenientes de Europa. Un siglo después, grupos del Oeste pampeano también sembraban el primer cereal y asimismo ranqueles y "pampas" de Córdoba y San Luis cultivaban habas, de origen extraamericano, junto con otras especies americanas.

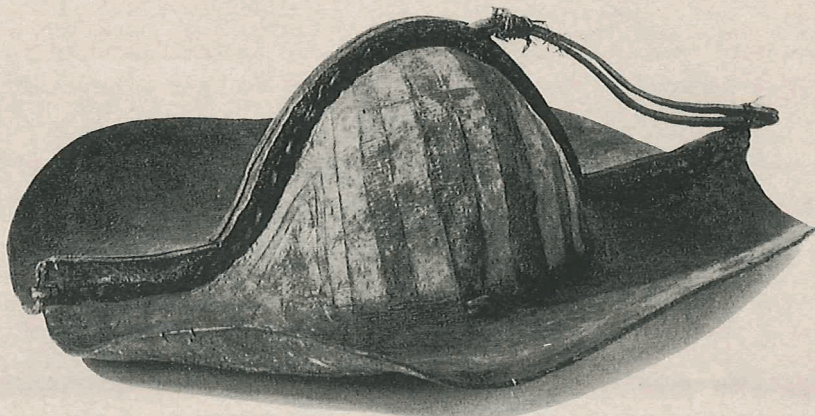
Variedad de legumbres se registraron en 1782 en el área del lago Huechulafquen: junto a maíz, trigo y cebada, los indígenas locales cosechaban habas, chícharos de dos tipos (posiblemente *Pisum sp.*), garbanzos y lentejas.

En 1806, el viajero De la Cruz observó que matas de ají y tomate (planta al parecer introducida en Chile por los españoles desde el Perú) delataban la ubicación de viejos asentamientos pehuenches del Neuquén; el mismo, en su trayecto por la Pampa, vio coexistir en chacras indígenas de la zona de Curalauquen a los zapallos americanos junto con las sandías y los melones del "Viejo Mundo".

Al menos para los años de 1860, los ranqueles además cultivaban cebollas, junto con zapallos y maíz, igual que los habitantes de valles neuquinos, también dedicados a sembrar trigo, maíz, papa, porotos, etc. La alfalfa se registra sólo en la década siguiente.

El manzano no se cultivó, pero ya en 1622 los indios explotaban los frutos de plantas silvestres irradiadas desde Chile a las montañas de Neuquén y Río Negro, y con el correr de los años este recurso adquiriría gran importancia como bien de consumo y de intercambio.

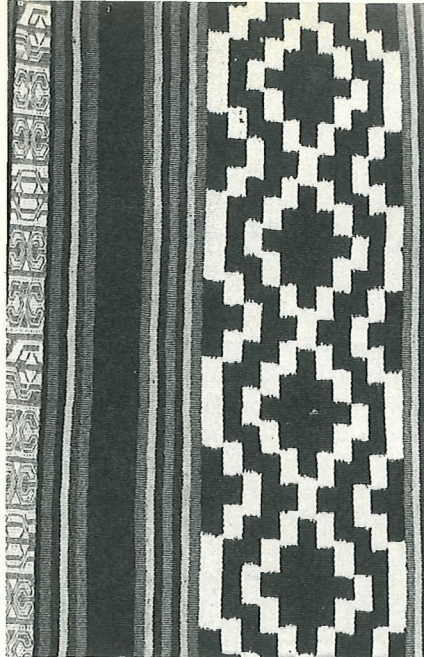
Desde el siglo XVII los indios usaron el cuero para fabricar cascos y armaduras. (Tomado de "Une armure en cuir de Patagonie", de A. R. González, 1972).



ponían, ya que buena parte, en una suerte de mercantilismo, se derivaba al mercado (algunos grupos, incluso, jamás comían sus animales, reservándolos para dicho fin y alimentándose de caza); además, habían surgido necesidades de consumo que únicamente se cubrían mediante la trata con los criollos.

Así, pese a que los indígenas conservaran tan celosa y eficientemente su autonomía y tuviesen en vilo incluso a muchas áreas hispanas, y a pesar de un hábil juego entre distintos polos del sistema colonial primero y republicano después (Chile, las distintas provincias argentinas), se anudaba una fuerte dependencia de las relaciones con el exterior. Por mucho tiempo, ésta se acotó en los marcos de un equilibrio de fuerzas que permitió a los indígenas negociaciones más o menos ventajosas y adquirir prosperidad: en muchas tolderías, el confort era sin duda superior al de la población rural criolla no terrateniente.

El control de las rutas de tráfico, la acumulación de bienes mediante la cría o la obtención de ganado y la circulación de bienes vinculada con éste, fueron dando origen a una diferenciación social entre los indígenas, a la concentración de poder y riqueza en determinadas familias, aunque sin configurar una estamentación rígida ya que en última instancia cualquiera —según su habilidad y su suerte— podía llegar a enriquecerse con la trata ganadera o el intercambio de otros productos. Esta circunstancia,



El tejido indígena, introducido por los araucanos, se desarrolló junto con la cría de ovinos.

incluso, era uno de los factores de atracción para una numerosa población criolla marginada que buscaba refugio en las tribus.

Las alianzas para la guerra o los arreos, la intensa circulación por distintos territorios tribales, el fluido intercambio de bienes, además, fueron desdibujando fronteras étnicas entre los indígenas, enlazados en un sistema único pese a la multiplicidad de unidades sociopolíticas existentes.

Hacia los años de 1870, el sistema se quebró, sin recomposición posible: el surgimiento de la ganadería moderna, unida al flamante negocio de exportación de carnes

congeladas, y el *boom* del ovino hicieron imperioso a las clases terratenientes apoderarse definitivamente de las tierras de los indios. Las campañas militares de Roca, financiadas en buena medida por aquellos sectores, acabaron con la situación anterior, iniciando una penosa etapa en la vida de los aborígenes, al desarticularse las bases de esta organización económica y de su sociedad en general. ○



LECTURAS SUGERIDAS

MANDRINI, Raúl 1985. "La sociedad indígena de las pampas en el siglo XIX", en Lischetti, Mirtha (comp.), *Antropología*, Buenos Aires, EUDEBA.

MANDRINI, Raúl 1986. "La agricultura indígena en la región pampeana y sus adyacencias (siglos XVIII y XIX)", en *Anuario IEHS*, 1, Tandil, Instituto de Estudios Histórico-Sociales, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

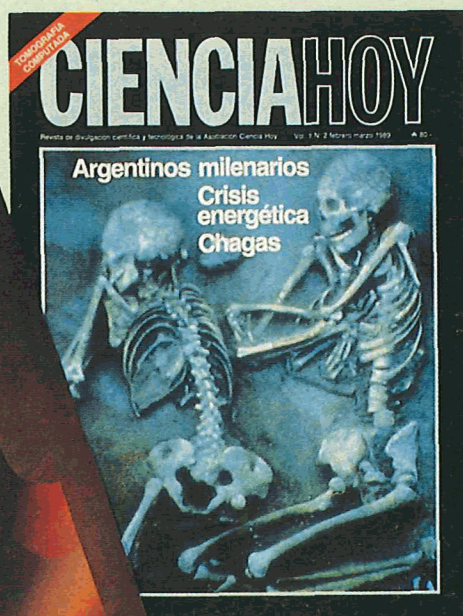
MANDRINI, Raúl 1987. "Desarrollo de una sociedad indígena pastoril en el área interserrana bonaerense", en *Anuario IEHS*, 2, ídem.

PALERMO, Miguel A. 1986. "Reflexiones acerca del llamado 'complejo ecuestre' en la Argentina", en *Runa. Archivo para las Ciencias del Hombre*, XVI, Buenos Aires, Instituto de Ciencias Antropológicas, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

PALERMO, Miguel A. 1988. "La innovación agropecuaria entre los indígenas pampeano-patagónicos: génesis y procesos", en *Anuario IEHS*, 3, ídem.



A. D'Orbigny documentó la periódica visita de indígenas a Carmen de Patagones, donde efectuaban trueques. (Litografía de su obra de 1844).



Ahora hay CIENCIAHOY en la Argentina

Nº 1 (diciembre '88/enero '89)

- Los relojes biológicos
- Superconductividad
- El rastro de los groebéridos
- Aborto
- Anfibios del delta
- Debate: Neurociencias y psicología
- Perfil: Rodolfo Casamiquela
- Aquí ciencia (Las BDZ del cerebro, Plomo en la atmósfera, La litiasis en busca de su etiología)
- Ciencia en el mundo (Moléculas con memoria, Transferencia de un gen a la planta de maíz, ¿Han muerto las supercuerdas?)
- Ciencia y sociedad (Genética y desarrollo, 50 años de la fisión nuclear, No a la armas nucleares, Emigración de argentinos, La huella digital de ADN)

y el humor de Fontanarrosa

Nº 2 (febrero-marzo '89)

- Las secciones indiscretas
- ¿Quién mató al megaterio?
- Informe sobre Chagas
- Energía: el azar y la necesidad
- Aquí Ciencia ("Genes saltarines" y resistencia a los antibióticos, Orígenes de la nacionalidad argentina, La formación de los glóbulos rojos)
- Opinión: La infancia en las ciudades
- Perfil: Guido Beck
- Ciencia en el mundo (¿Error, fantasía o avance de la medicina homeopática?, Músculos para robots, ¿Es caótico el movimiento de Plutón?)
- Ciencia y sociedad (Mortalidad infantil: situación y logros, Pampa semiárida: nuevos cultivos)
- El lector pregunta

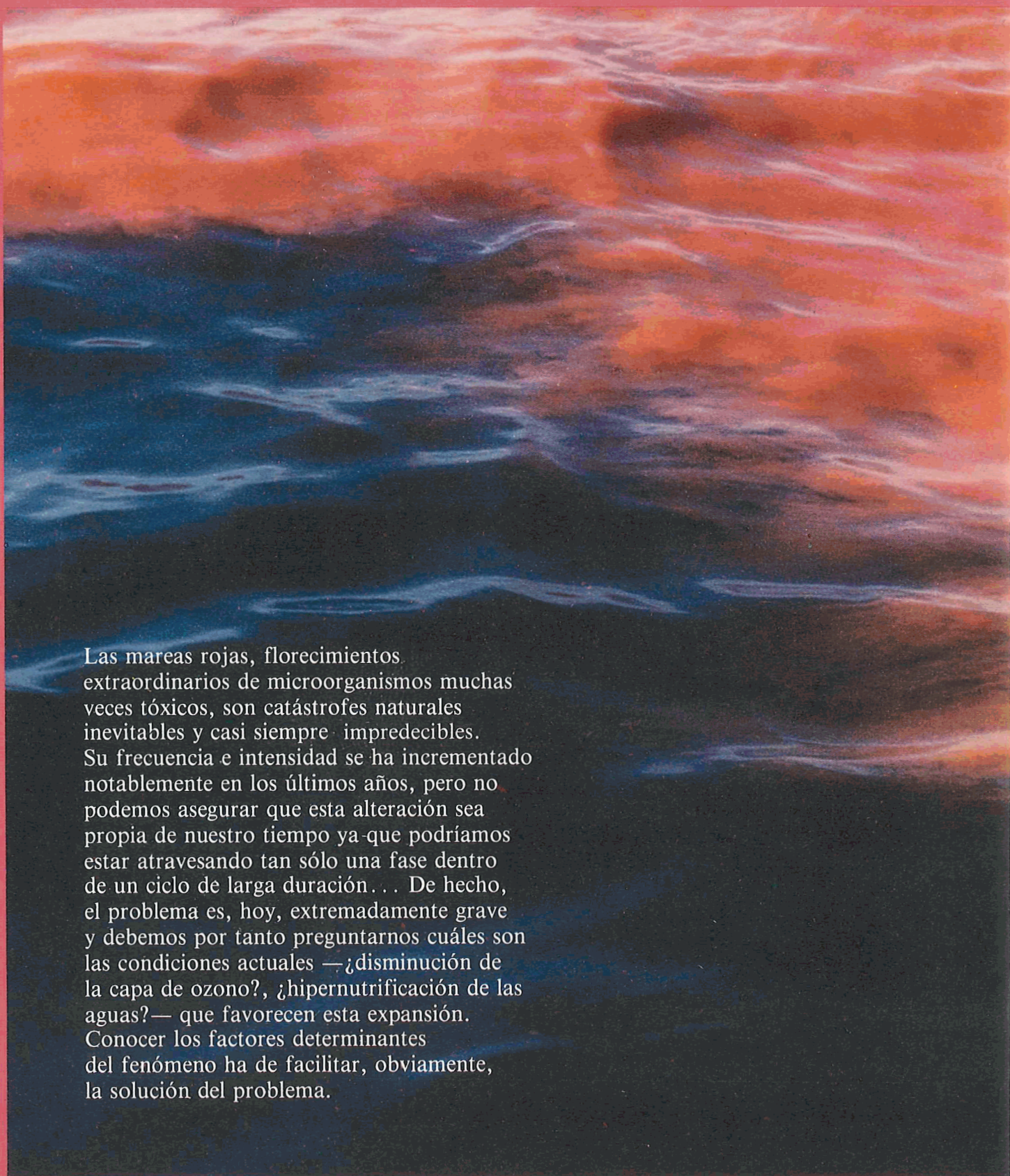
y el humor de Sendra
y Fontanarrosa

Nº 3 (abril-mayo '89)

- Fusión fría
- La arquitectura de las neuronas
- ¿Y esto por qué se rompió?
- Inflación e hiperinflación
- Entrevista: Pierre Thuillier
- Opinión: Drogadicción
- Ciencia en el mundo (¿Es metafísica la inflación cosmológica?)
- El lector pregunta (¿Por qué no existe una vacuna contra el mal de Chagas?)
- Ciencia y sociedad (Braun Menéndez nos falta por todas partes, Fecundidad adolescente, Memoria y censura, Las semillas artificiales, No a la destrucción del medio ambiente, Diálogo entre científicos argentinos)
- Memoria de la ciencia (Lavoisier: la madurez de la química)

y el humor de Sendra
y Fontanarrosa

una revista para coleccionar



Las mareas rojas, florecimientos extraordinarios de microorganismos muchas veces tóxicos, son catástrofes naturales inevitables y casi siempre impredecibles. Su frecuencia e intensidad se ha incrementado notablemente en los últimos años, pero no podemos asegurar que esta alteración sea propia de nuestro tiempo ya que podríamos estar atravesando tan sólo una fase dentro de un ciclo de larga duración... De hecho, el problema es, hoy, extremadamente grave y debemos por tanto preguntarnos cuáles son las condiciones actuales —¿disminución de la capa de ozono?, ¿hipernutricación de las aguas?— que favorecen esta expansión. Conocer los factores determinantes del fenómeno ha de facilitar, obviamente, la solución del problema.

MAREAS ROJAS

José I. Carreto Iraurgui

Instituto Nacional de Investigación
y Desarrollo Pesquero
Subsecretaría de Pesca

“Y toda el agua del Nilo se convirtió en sangre. Los peces del Nilo murieron y el río dio un olor tan pestilente que los egipcios ya no pudieron beber sus aguas. Entonces hubo sangre en todo el territorio de Egipto”, dice *La Biblia* (Exodo, 7, 20-21) y se convierte así en el primer testimonio escrito acerca del cambio de color que puede sufrir la superficie de un cuerpo de agua. Sin embargo, es probable que las mareas rojas se hayan producido mucho antes de que existieran las palabras, hace ya cientos de millones de años, en los remotísimos tiempos en que aparecieron los organismos que las causan.

Según narra en sus *Naufragios* Alvar Núñez Cabeza de Vaca, el México precolombino conocía el peligro de comer moluscos extraídos al comienzo del año, época de las mareas rojas. Pero últimamente su frecuencia e intensidad han aumentado de manera significativa. Nuevas áreas se han visto afectadas y entre 1985 y 1988 se detectaron fenómenos producidos por especies inadvertidas hasta entonces por los planctólogos.

Las consecuencias de las mareas rojas suelen ser severas, incluso dramáticas ya que cuando son tóxicas llegan a ser fatales para el hombre y otros consumidores de moluscos bivalvos. En 1987, durante la primera marea tóxica detectada en Guatemala, se registraron 201 intoxicaciones humanas de carácter grave; 26 de ellas resultaron fatales.

Pero hemos de ilustrar ahora las cuantiosas pérdidas económicas que estos fenómenos suelen provocar. Constituyen, por ejemplo, el mayor problema de la industria de pesca costera del Japón. En la costa de Harina Nada, la marea roja de 1972 produjo la muerte de 14 millones de peces limón con un costo aproximado de 70 millones de dólares, y es éste sólo un caso de los muy frecuentes y devastadores que se suscitan en la región.

También suelen ser cuantiosas las pérdidas causadas por declinación del turismo, y en este sentido baste recordar que en el estado de Florida (EE.UU.) durante la tem-

porada 1973-1974, dichas pérdidas se estimaron en 15 millones de dólares. Más recientemente, en 1988, la zona costera de Puerto Montt, Chile, se vio afectada por una marea roja de graves consecuencias para la salmonicultura. El perjuicio económico ocasionado fue de unos 14 millones de dólares.

Como las inundaciones, terremotos e incendios forestales, estas catástrofes naturales son inevitables y casi siempre impredecibles, pero sus efectos pueden minimizarse si se actúa con eficacia y serenidad en los casos de emergencia. La necesidad de explorar la naturaleza íntima de estos fenómenos resulta, entonces, evidente y con este propósito hemos de introducirnos en el mundo del fitoplancton (del griego, fito, vegetal y plankton, errante).

El fitoplancton está compuesto por plantas microscópicas unicelulares que pueblan las capas superficiales de todos los cuerpos de agua tanto dulce como marina. Utilizando la luz solar como fuente de energía, ellas transforman sustancias simples que obtienen del medio ambiente en la materia orgánica necesaria para su crecimiento y multiplicación. Este es uno de los procesos más importantes del planeta, ya que constituye el primer eslabón de la compleja trama alimentaria acuática. Todos los animales acuáticos deben su subsistencia, en forma directa o indirecta, a la multiplicación celular de estas plantas microscópicas.

Diatomeas, flagelados y dinoflagelados son, por su cantidad, los grupos de algas más importantes que componen el fitoplancton. Se distinguen entre sí por las formas de vida o estrategias reproductivas adoptadas en el curso de su evolución en un medio dinámico y cambiante. Todas ellas requieren luz suficiente para poder multiplicarse, condición que sólo se da en una capa superficial delgada (comparemos sus 80 metros de promedio con los 4000 metros promedio de las grandes profundidades oceánicas). También requieren sustancias biogénicas imprescindibles para su metabolismo, por ejemplo sales nutrientes (nitratos, fosfatos, silicatos), oligoelementos (hierro; cobre, manganeso, zinc, etc.) y algunas sustancias orgánicas (vitaminas, ácidos húmicos, etc.).

El ciclo de los elementos biogénicos transcurre en todo el espesor del mar, y su circulación desde las grandes profundidades a las capas iluminadas es un proceso lento que generalmente retarda la multiplicación celular del fitoplancton (véase "Fitoplancton: ciclo de nutrientes en el océano"). Los procesos físicos que generan mezcla vertical aceleran el retorno de nutrientes a las capas iluminadas y son, en consecuencia, importantes factores reguladores de la producción fitoplanctónica. Las áreas más fértiles del océano son aquellas en las que el agua profunda es forzada a elevarse hacia la super-

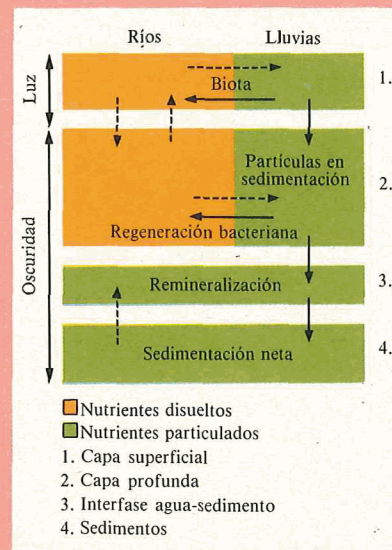
FITOPLANCTON: CICLO DE NUTRIENTES EN EL OCÉANO

El ciclo de los elementos biogénicos de los ecosistemas terrestres se desarrolla en la superficie de terrenos sólidos, mientras que el de los ecosistemas acuáticos transcurre en todo el espesor de un volumen líquido. La figura esquematiza el ciclo de nutrientes disueltos o particulados en una columna de agua oceánica. La fotosíntesis, la generación de la mayoría de los organismos y la formación del material particulado tienen lugar en la capa superficial iluminada, donde se desarrolla la biota.

Las fuentes de nutrientes más importantes son la regeneración "in situ" que se opera a través del metabolismo de los seres vivos presentes y los aportes que proporciona el fondo oceánico mediante procesos de surgencia o afloramiento. Las contribuciones externas realizadas por los ríos y las lluvias sólo proveen el 1% de los requerimientos.

La circulación de elementos biogénicos desde las grandes profundidades oceánicas hacia las capas superficiales más iluminadas es, normalmente, un proceso lento que retarda la multiplicación celular. Los factores físicos que generan mezcla vertical aceleran dicho proceso resultando así importantes agentes reguladores en la producción de fitoplancton.

Las pérdidas de nutrientes se producen principalmente por el hundimiento de partículas de detrito que provienen de la capa superficial. En la capa pro-



Modelo esquemático del ciclo de nutrientes en el océano.

funda, los nutrientes se regeneran a través del proceso de descomposición parcial del material particulado provocado por acción bacteriana. Al fondo oceánico, donde se alojan los sedimentos, sólo llegan las partículas de mayor dimensión. Estas son remineralizadas en la interfase agua-sedimento y los nutrientes disueltos pasan a la fase líquida por difusión y bioturbación del sedimento. Sólo el 1% de este material se incorpora a la fase sólida como sedimentación neta.

ficie, fenómeno conocido como afloramiento o surgencia. Sin embargo, cuando la turbulencia del sistema es excesiva, la reproducción de los microorganismos se retarda a causa de la dispersión del fitoplancton fuera de la capa iluminada.

Las diferentes formas de vida compiten entre sí por la captura de los nutrientes disponibles en dicha capa. En la competencia entre diatomeas y dinoflagelados, el resultado está determinado no sólo por el ritmo de reproducción celular o por la velocidad con que asimilan los nutrientes. Los dinoflagelados se dividen una vez cada uno o dos días, mientras que las diatomeas lo hacen dos o tres veces por día. Sin embargo, la menor velocidad de división celular se ve compensada en los dinoflagelados por su mayor motilidad y fitotrofismo positivo que les permite concentrarse en la capa iluminada. Las diatomeas están más expuestas al hundimiento, pero requieren menos luz

que los dinoflagelados. El resultado de la competencia dependerá de las condiciones impuestas por el ambiente, y el ambiente marino varía mucho según las regiones y según la época del año. Por ejemplo, en los mares templados, donde los cambios estacionales son muy intensos, se producen períodos de rápido crecimiento y decadencia de la población fitoplanctónica (véase figura 1). Durante el invierno, debido a la fuerte mezcla vertical provocada por el viento, el fitoplancton dispone de nutrientes, pero la baja radiación luminosa limita su crecimiento. En la primavera, con el incremento de la radiación luminosa y la disminución de la intensidad de los vientos, se calienta la capa superficial y la mezcla vertical o turbulencia comienza a disminuir. En estas condiciones, el fitoplancton puede permanecer en la capa iluminada, todavía rica en nutrientes, situación que permite un incremento exponencial del número de células. Este

pulso de producción denominado “floreamiento primaveral” lo inician las diatomeas, que con su mayor velocidad de división celular alcanzan su máxima densidad una o dos semanas después de haber comenzado el florecimiento. Su decadencia es también rápida ya que la disminución de nutrientes obliga a una correlativa disminución de la velocidad de división celular a punto tal que ya no alcanza a compensar las pérdidas debidas al hundimiento y al consumo por parte de un número creciente de pequeños animales planctónicos (zooplancton) a los que sirve de alimento.

A medida que disminuyen los nutrientes y se incrementa la estabilidad vertical, las diatomeas son gradualmente reemplazadas por otras formas de vida mejor adaptadas a las nuevas condiciones del medio. La secuencia principal se caracteriza por una sucesión de especies: primero las diatomeas de gran tamaño, luego otras más pequeñas reemplazadas a su vez por células móviles de velocidades de crecimiento intermedias (flagelados y pequeños dinoflagelados) y, finalmente, ya en el verano, los grandes dinoflagelados capaces de alimentarse de bacterias, pequeñas diatomeas y pequeños dinoflagelados (véase figura 2).

Diversos procesos físicos tales como descargas de ríos, surgencias costeras, inestabilidad en los bordes del talud, mareas y fuerzas originadas en la rotación te-

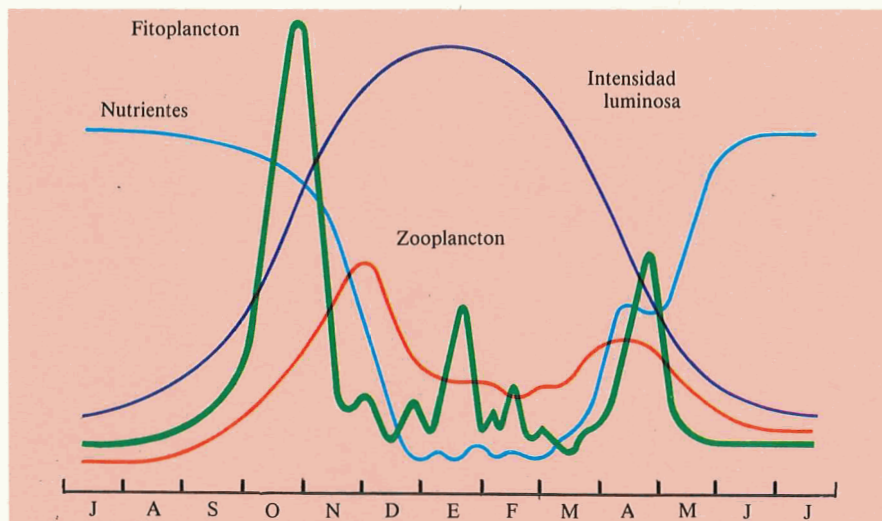


Fig. 1. Variaciones estacionales de la disponibilidad de nutrientes y de luz y su correlación con la abundancia del fito y zooplancton en mares templados.

restre, producen modificaciones locales en la abundancia de nutrientes y en la estabilidad vertical. Estas situaciones pueden dar origen a otros pulsos de producción, no necesariamente primaverales, originados en el crecimiento de alguna de las especies de la secuencia principal. En ciertos casos, la perturbación origina un ambiente peculiar en el que se combinan abundancia de nutrientes, elevada estabilidad vertical y disponibilidad de luz. La evolución ha diseñado formas de vida capaces de explotar estos ambientes “anómalos” y de llegar a producir en ellos flo-

recimientos excepcionales, las así llamadas mareas rojas.

Las mareas rojas son florecimientos caracterizados por la escasa diversidad de la población fitoplanctónica y las excepcionalmente elevadas concentraciones celulares que se alcanzan (de un millón a mil millones de células/litro). Se produce así un cambio en la coloración de la superficie del mar que puede tomar distintos matices (amarillo, naranja, rojo, pardo...) de acuerdo con la naturaleza y concentración de los organismos presentes, sobre todo según la cantidad y tipo de pigmentos que contienen. La

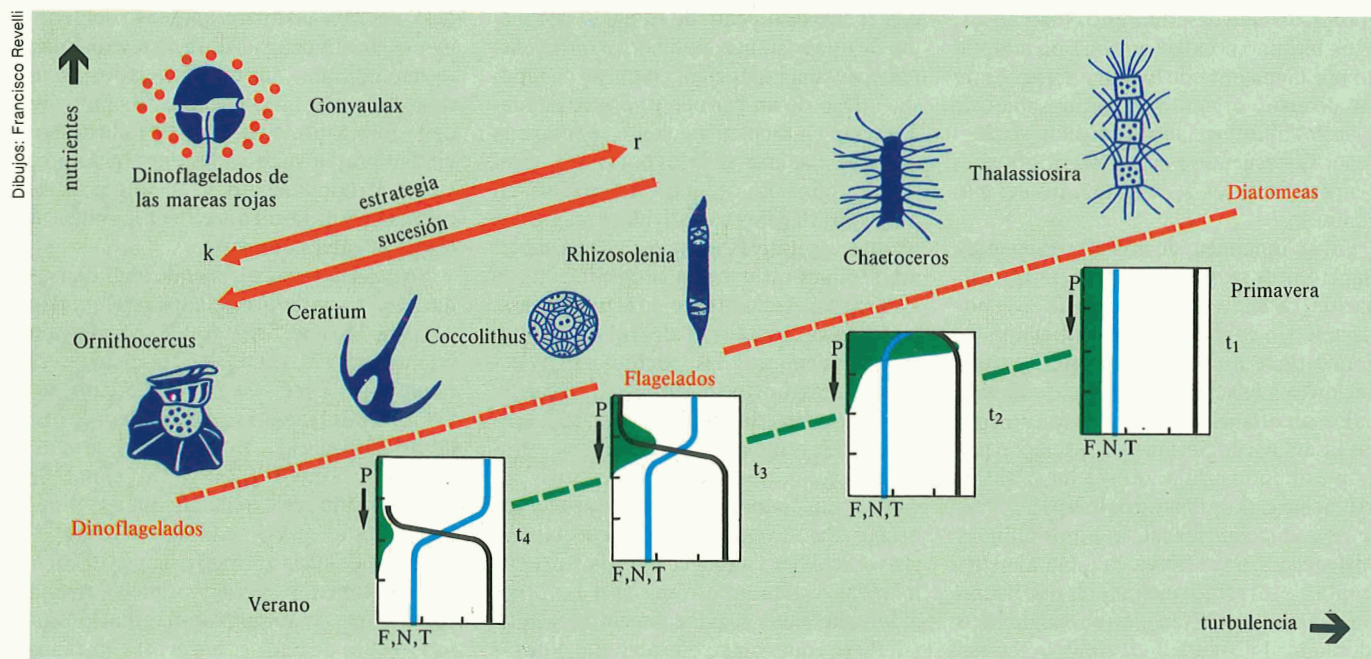
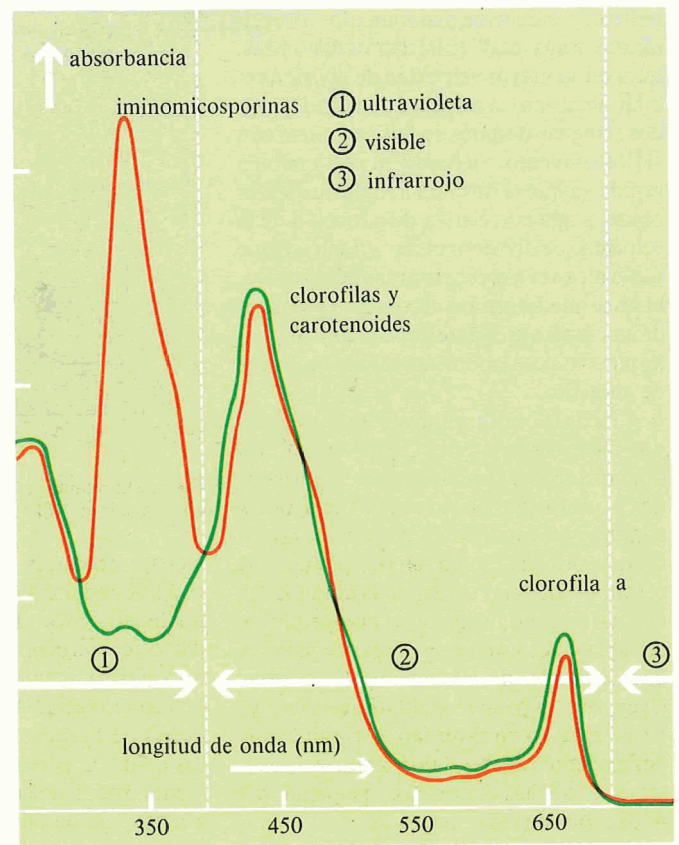
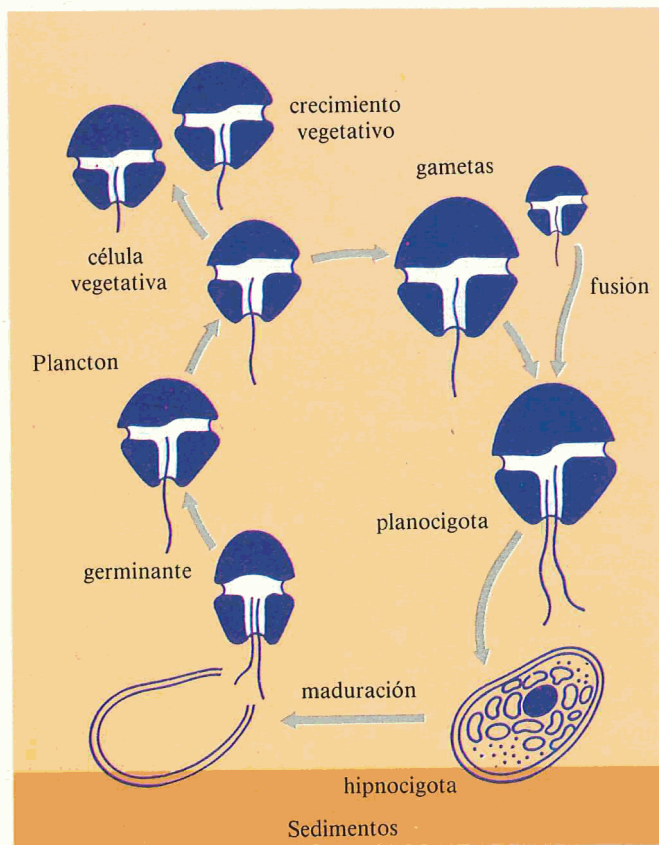


Fig. 2. Esquema simplificado de la secuencia principal de la sucesión fitoplanctónica. Se observa el sucesivo reemplazo de formas de vida que imponen su estrategia reproductiva (r) en un ambiente rico en recursos, por otras más eficientes (k) capaces de explotar los medios cada vez más pobres en nutrientes impuestos por el consumo y la limitación de la mezcla vertical. La sucesión de especies es causada y corre paralela a la disminución de nutrientes y turbulencia de la capa iluminada. Los dinoflagelados formadores de mareas rojas son sólo componentes menores de esa secuencia principal. Su estrategia está diseñada para explotar ambientes “anómalos” donde se combinan elevadas concentraciones de nutrientes con baja turbulencia. Para diversos tiempos, t_i , se esquematiza la concentración de nutrientes, N (línea negra), la temperatura, T (línea azul), y la abundancia de fitoplancton, F (zona verde), en función de la profundidad en la columna oceánica, P.

(Modificada de R. Margalef, 1978, *Oceanologica Acta*, vol. 1, págs. 493-509.)



Figs. 3 y 4. **Izquierda.** Ciclo de vida del dinoflagelado tóxico *Alexandrium excavatum*. **Derecha.** Espectros de absorción de extractos metanólicos del dinoflagelado *Alexandrium excavatum*, según crezca en altas (curva roja) o bajas (curva verde) intensidades luminosas.

expresión “marea roja”, aunque no la más apropiada para describir estos fenómenos, es un término popular que ha sido adoptado por la mayoría de los científicos. Entre los diversos organismos responsables de ellas, los dinoflagelados pequeños y redondeados, frecuentes portadores de potentes neurotoxinas, son los agentes causales más comunes.

En la dinámica de los florecimientos planctónicos se distinguen tres etapas: iniciación, crecimiento y decadencia de la población. Un cuarto estadio, el de acumulación, caracteriza a las mareas rojas. La iniciación está relacionada con el ciclo de vida de los dinoflagelados. Este ciclo presenta dos fases: una de crecimiento vegetativo por simple división celular que da lugar al florecimiento extraordinario de la especie; otra, de reproducción sexual, que posibilita la existencia de una reserva en estado latente pronta a proveer los ejemplares que iniciarán una nueva proliferación en el momento adecuado. La figura 3 ejemplifica, con el caso del dinoflagelado tóxico *Alexandrium excavatum*, dicho ciclo de vida que pasamos a describir. La fusión de las gametas origina una cigota móvil con dos flagelos, la planocigota, ésta sufre un proceso que pasa por la rotura de la teca y la consecuente liberación de protoplasma que, rodeado de una delgada membrana, acentúa su for-

ma ovoide y se transforma posteriormente, con el engrosamiento de su pared por medio de una sustancia polimérica muy resistente, en una hipnógota o quiste de reposo. Luego de un período obligado de maduración en reposo, y cuando se rompe la pared celular en uno de los polos, se produce la germinación. El individuo expulsado posee dos flagelos y, al dividirse, repite las formas vegetativas iniciales. Las variables ambientales influyen en el crecimiento de los dinoflagelados afectando la transformación de sus formas móviles (planctónicas) en células enquistadas (bentónicas) y viceversa. Esta transformación puede considerarse como una simple alternancia anual entre una célula móvil biflagelada (primavera-verano) y una célula bentónica inmóvil (invierno), sin olvidar sus diversas fases intermedias. Pasado el período de reposo, la mezcla vertical lleva a esta célula a la zona iluminada, restaurándose entonces la forma móvil e iniciándose el crecimiento vegetativo. Pero, ¿qué condiciones del ambiente favorecen el éxito de esta especie frente a sus eventuales competidores y le permiten multiplicarse hasta producir un florecimiento casi inespecífico? La respuesta parece encontrarse en los ambientes excepcionales antes mencionados donde se combinan elevadas concentraciones de nutrientes, baja turbulencia y altas intensidades luminosas. (El

recuadro “Mareas rojas en la Península Valdés” describe un interesante caso del fenómeno que nos ocupa.) Bajo las condiciones recién indicadas, los dinoflagelados aventajan a las diatomeas a causa de su movilidad y fototrofismo positivo. La falta de movilidad propia vuelve a las diatomeas proclives al hundimiento y en ausencia de turbulencia no pueden acceder a los nutrientes de la capa iluminada.

En una etapa inicial, cuando abundan los nutrientes, los dinoflagelados se acumulan cerca de la superficie, donde la radiación luminosa es elevada. Esta estrategia parece requerir un sistema de fotoprotección, sobre todo de la radiación ultravioleta ya que las dosis naturales son suficientes para inhibir la fotosíntesis y la división celular. Se ha observado recientemente que los dinoflagelados formadores de mareas rojas poseen un mecanismo protector capaz de cumplir esta función: ciertas sustancias actúan como filtros o pantallas de la radiación cuya longitud de onda se encuentra entre los 280 y 390 nm (véase figura 4). Estas sustancias sólo parecen estar presentes en grupos de algas muy primitivas, desarrolladas cuando la capa de ozono en formación no debía resultar un filtro eficiente para la radiación ultravioleta. La presencia de estos mecanismos ha sido interpretada como una adaptación genética que confiere ventajas com-

MAREAS ROJAS EN PENÍNSULA VALDÉS

En el año 1980 y como consecuencia de la muerte de dos pescadores del buque "Constanza" que operaba en la zona de Península Valdés, se detectó el primer episodio de envenenamiento por ingestión de moluscos bivalvos del mar argentino. La sintomatología de las intoxicaciones y el análisis de las toxinas coincidieron en señalar la existencia de "veneno paralizante de moluscos" en los mejillones del área. La presencia del dinoflagelado *Alexandrium excavatum*, su cultivo y posterior análisis toxicológico, permitieron identificarlo como el organismo productor de las mencionadas toxinas. La distribución espacial de este organismo en forma de manchas, estaba relacionada con las marcadas discontinuidades físico-químicas del área, que no habían sido advertidas anteriormente. Cerca de la costa, las aguas eran más frías y verticalmente homogéneas en relación con las más alejadas de mayor temperatura superficial y fuertemente estratificadas. Entre ambas se pudo detectar una línea o estrecha zona de transición que se conoce con el nombre de "zona frontal". La ima-

gen satelitaria infrarroja permite apreciar la posición de esta zona indicando una brusca variación de la temperatura superficial.

La presencia en los sedimentos del área de numerosos quistes de reposo nos permitió predecir la repetición del fenómeno en la próxima primavera; se inició entonces un sistema de monitoreo de toxinas en moluscos bivalvos. El corte perpendicular a la costa —donde se indican isotermas con temperaturas expresadas en grados centígrados— presenta una visión esquemática del florecimiento ocurrido en 1981. En las aguas costeras homogéneas predominan las diatomeas (puntos azules) y el material detrítico en suspensión (tonalidad marrón). En esta área la distribución homogénea de las propiedades del medio es consecuencia de la fuerte mezcla vertical inducida por las corrientes de marea. En la capa superficial del área de transición, el predominio del dinoflagelado tóxico *A. excavatum* es casi total (puntos rojos) y está flanqueado en la zona estratificada por otro dinoflagelado heterotrofo (puntos verdes) que

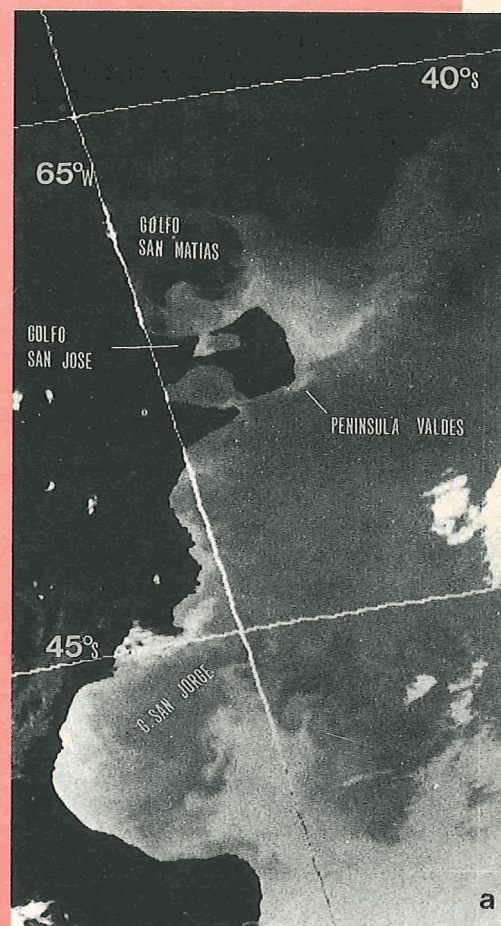
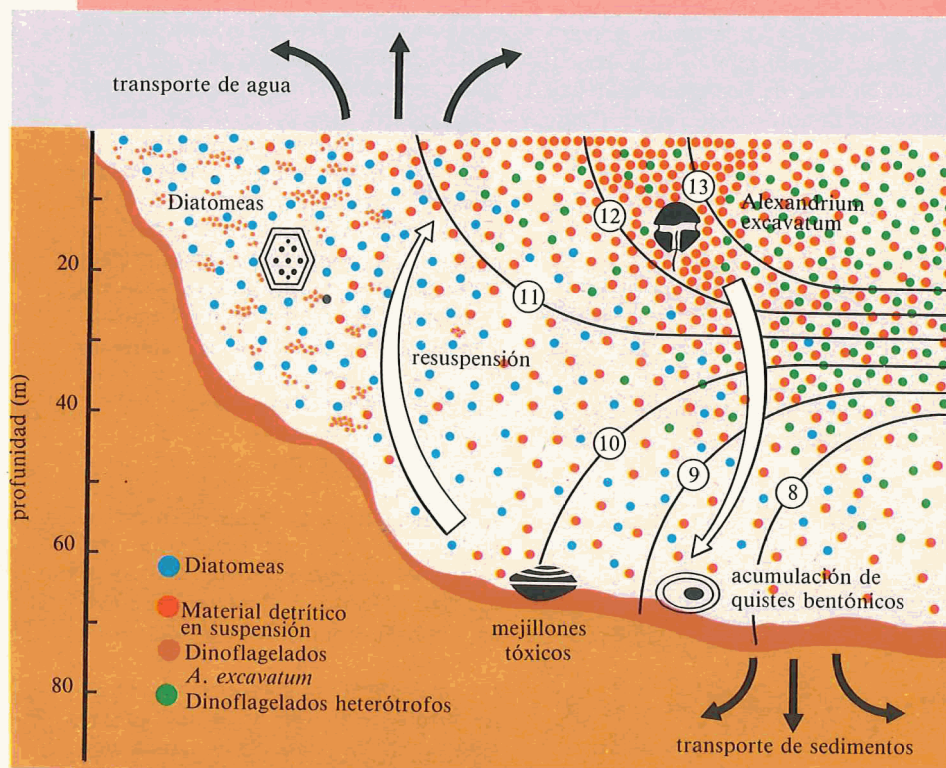


Imagen satelitaria infrarroja (AVHRR) que permite apreciar la separación de aguas costeras de menor temperatura superficial (tonos claros), de las aguas adyacentes que registran una mayor temperatura (tonos oscuros), característica de los meses cálidos.



Corte vertical perpendicular a la costa de la región marina. Precisamente en esa zona es donde ocurre el frente de mareas.

preda intensamente sobre él. La iniciación de un nuevo florecimiento supone la resuspensión y transporte de los quistes presentes en el sedimento hacia la zona iluminada. La expansión del área tóxica en el verano de 1980-1981 pudo originarse en el transporte de los quistes formados durante 1980. Otro mecanismo de dispersión es el transporte tanto de células vegetativas como de quistes de reposo por los movimientos laterales del agua. Finalmente, la "lluvia" de células tóxicas (vegetativas y quistes) es consumida por los mejillones del banco que se tornan altamente tóxicos. Nuevos estudios han demostrado que en este sistema frontal también se producen florecimientos de otras especies de fitoplancton no tóxico. Las razones por las cuales predomina una especie tóxica o una no tóxica son hasta ahora desconocidas.

petitivas a los dinoflagelados en condiciones de alta intensidad luminosa y cortas longitudes de onda. Esta parece ser una adecuada explicación para la permanente correspondencia observada entre el desarrollo de mareas rojas uniespecíficas y los ambientes excepcionales ya descriptos.

La explotación de los nutrientes de una delgada capa superficial del mar no explica el elevado número de células presentes en la marea roja. Dos tipos de fenómenos parecen ser los que posibilitan la supervivencia de estas grandes concentraciones de microorganismos: las migraciones verticales de los propios dinoflagelados y la dinámica del mar. Con respecto al primero de estos fenómenos cabe señalar que, aun cuando los nutrientes se hayan agotado durante el día, los dinoflagelados permanecen en la superficie asimilando así anhídrido carbónico y acumulando en consecuencia carbohidratos. Esta reserva energética y la presencia de enzimas capaces de reducir los nitratos en la oscuridad, les permiten sumergirse y explotar los nutrientes de capas algo más profundas. Este ritmo migratorio parece ser bastante complejo pues según se ha observado experimentalmente, existen comportamientos grupales. Esta puede ser la clave que explique la distribución en forma de manchas que se suele observar en una marea roja. El segundo de los factores señalados, la dinámica del mar, engloba fenómenos tales como corrientes convergentes, frentes hidrográficos o mareas internas (véase figura 5). Su importancia determinante en el estado de acumulación se demuestra por el hecho de que

la cantidad de nitrógeno celular en las manchas mencionadas excede, en mucho, al que resultaría de la asimilación del nitrógeno inicialmente existente en la columna de agua. Queda probada así la existencia de aportes exteriores a dicha columna. En algunos casos estos mecanismos físicos son los únicos responsables del fenómeno de concentración de material boyante en mareas rojas producidas por organismos no fotosintetizados como huevos de peces, zooplankton o aun por ciertos tipos de dinoflagelados.

El estado de acumulación de una marea roja puede durar desde unos pocos días hasta varios meses, según el consumo realizado por los organismos predadores del zooplankton. Un consumo escaso suele estar asociado a ciertas propiedades específicas de las poblaciones de flagelados, entre otras, la formación de mucilagos y toxinas, bioluminiscencia y producción de metabolitos específicos con propiedades antibióticas que no sólo los protegen de los predadores, sino que pueden llegar a inhibir el crecimiento de otras especies fitoplanctónicas. El proceso se puede interrumpir por diversas causas, en especial por la limitación de aquellos factores antes mencionados como necesarios para el crecimiento y la acumulación uniespecífica: la reducción de nutrientes, ciertas modificaciones climáticas e hidrológicas, etc.

La propagación de las mareas rojas por diseminación de los quistes de reposo que pueden ser transportados como finas partículas de sedimento por las corrientes marinas, queda ilustrada con los sucesos ocurridos en la zona de Península Valdés en 1980 y sus posteriores consecuencias (véase

“Mareas rojas en Península Valdés” y figura 6). Aun cuando la superficie afectada fue relativamente pequeña, los estudios posteriores han demostrado la existencia de quistes dispersos por toda el área patagónica, incluso hasta la latitud de Mar del Plata.

Las mareas rojas producen la muerte masiva de organismos marinos por dos razones básicas. La primera está relacionada con el consumo total del oxígeno disuelto en la columna de agua, fenómeno causado por la respiración nocturna y la descomposición final de la masa de algas. En estas condiciones, la mayoría de los animales marinos mueren por anoxia, es decir por falta de oxígeno. Si el área afectada es de grandes dimensiones, se producen muertes masivas especialmente de las formas bentónicas que tienen movilidad restringida. La segunda razón, se vincula al hecho de que algunas algas formadoras de mareas rojas, en especial ciertos dinoflagelados, son productoras de potentes toxinas. Esta circunstancia resulta particularmente compleja por el hecho de que distintas especies de algas producen distintas toxinas. Podemos hacer una primera y muy importante distinción según el peligro real que entrañan para el hombre: las que se comportan como venenos efectivos para la mayoría de los organismos marinos no tienen, obviamente, grandes posibilidades de afectarlo; aquellas que sólo tienen efectos nocivos sobre los vertebrados son, por el contrario, extremadamente peligrosas ya que se concentran en ciertos invertebrados marinos sin dañarlos y así pueden llegar hasta el hombre, consumidor, por ejemplo, de moluscos bivalvos.

Determinar la naturaleza de las toxinas presentes en los microorganismos causantes (o no) de mareas rojas, es tarea difícil. Una de las especies mejor conocidas, el dinoflagelado formador de mareas rojas *Gymnodinium* (= *Phytocodiscus*) *breve*, es responsable de la mortandad de peces y otros organismos en la costa de Florida, EE.UU. Estos florecimientos llegan a tener, incluso, efectos secundarios sobre el hombre a causa de la inhalación de aerosoles que contienen células tóxicas. Se han detectado unas pocas intoxicaciones humanas debidas al consumo de moluscos que concentran las toxinas provenientes de este dinoflagelado. En la actualidad, se conocen al menos cinco toxinas producidas por el *Gymnodinium breve* (véase figura 7a). Su estructura química es extremadamente compleja y sin precedentes en ningún producto natural; sólo en 1981 y como resultado de un estudio conjunto de cuatro universidades norteamericanas se pudo determinar la estructura de una de ellas, la denominada brevetoxina-B. Pero no es éste el único caso que refleja

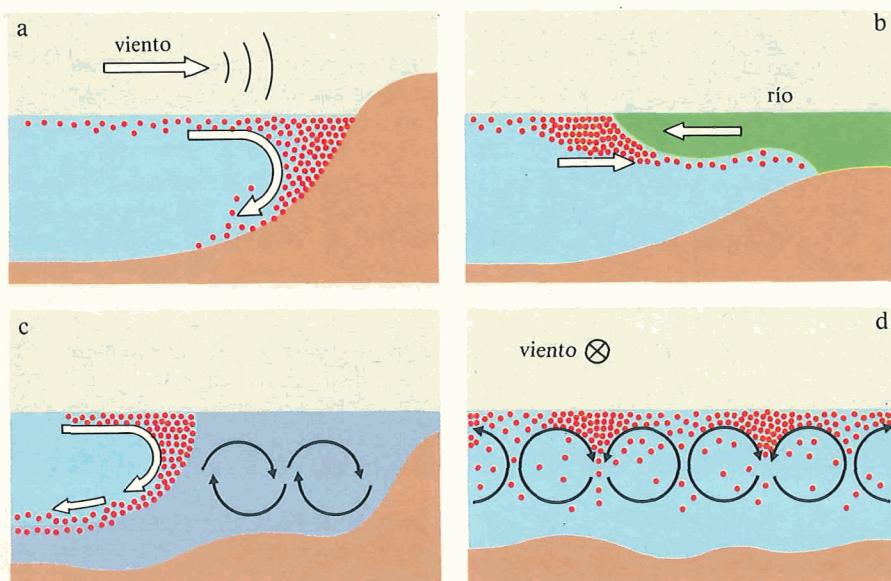


Fig. 5. La acumulación de organismos por procesos físicos tiene lugar en los puntos donde el agua tiende a hundirse, mientras dichos organismos flotan o nadan hacia la superficie. Esto puede ocurrir por: a) efecto del viento, b) agregación de un flujo de agua, c) acción de fuertes mareas, d) formación de celdas de Langmuir bajo la acción de vientos moderados (perpendiculares a la página).

el dramático hecho de que estas toxinas provocan por un lado severísimos perjuicios y se resisten por otro a entregar la clave de su íntima estructura. Tomemos, por ejemplo, la inusual “marea parda” que se produjo en 1985 en la Bahía de Narragansett, EE.UU. El fenómeno tuvo tremendos efectos sobre el zooplancton y el mejillón; provocó, además, una gran disminución de las larvas bentónicas, de los bancos de algas macrofitas y de la anchoíta. La especie —el flagelado *Aureococcus anorexefferens*— ha sido identificada, pero no se conoce aún la naturaleza de las toxinas.

En mayo de 1988, en las costas de Suecia, Noruega y Dinamarca tuvo lugar un florecimiento excepcional producido por un flagelado (*Chrysochromulina polylepis*) inadvertido hasta entonces por los planctólogos. Como consecuencia del fenómeno se produjo una mortandad de peces naturales y de cultivo, de invertebrados y de algas macroscópicas. Aunque se desconoce la naturaleza de la toxina, parece que actúa a nivel de la membrana celular, destruyéndola. Estas y otras anomalías recientes han llevado a modificar el nombre de la “IV Conferencia Internacional de Dinoflagelados Tóxicos” por el de “IV Conferencia Internacional sobre Fitoplancton Marino Tóxico” con la intención de incluir los nuevos episodios.

Un grupo de especies de dinoflagelados, sobre todo del género *Gonyaulax* (= *Alexandrium*) produce uno de los venenos más poderosos que se conocen. Aunque el nombre genérico del mismo es el de “veneno paralizante de moluscos”, se re-

conoce la existencia de al menos 13 toxinas de este grupo (véase figura 7b). Todas ellas están estructuralmente relacionadas con la saxitoxina, cuya estructura fuera dilucidada en 1975 luego de su aislamiento y purificación de la almeja gigante de Alaska (*Saxidomus giganteus*). Estas toxinas son poderosos venenos que bloquean el sistema nervioso central (centro respiratorio) y vasomotor) y el sistema nervioso periférico (unión neuromuscular, terminaciones cutáneas, táctiles, etc.) produciendo una depresión respiratoria que puede causar la muerte por anoxia y el colapso cardiovascular por depresión del miocardio. Los vertebrados son particularmente sensibles a estas toxinas y también lo son algunos invertebrados, pero éste no es el caso de muchos moluscos bivalvos que se manifiestan extremadamente resistentes a ellas. Esta capacidad les permite alimentarse con algas tóxicas, y lo que es más peligroso, acumular la toxina en sus glándulas y tejidos. Por esta razón los moluscos bivalvos se tornan extremadamente peligrosos en las áreas donde florecen tales dinoflagelados; en casos extremos, basta la ingestión de dos o tres ejemplares para producir una intoxicación fatal.

La capacidad de los dinoflagelados para sintetizar este tipo de toxinas difiere no sólo a nivel genérico y específico, sino también intraespecífico. Esta es una complicación adicional ya que distintas cepas de una misma especie pueden ser o no ser productoras de toxinas. Recientemente se ha señalado que una cianofita de agua dulce (*Aphenizonemon flos-aquae* y un alga roja multicelular (*Jania sp.*) también las producen. Una distribución tan amplia y a la vez azarosa, parece estar relacionada con la existencia de bacterias intracelulares asociadas a la producción de estas toxinas.

Otro tipo de intoxicación denominado “envenenamiento diarreico por moluscos”, se origina en el crecimiento limitado (de 2.10^4 a 4.10^4 células/litro de algunos dinoflagelados del género *Dinophysis* (*D. acuminata*, *D. fortii*). Aunque estos organismos no se reúnen en grandes poblaciones, los moluscos bivalvos tienen la capacidad de concentrar las toxinas y su ingestión produce desórdenes gastrointestinales que generalmente cesan luego de uno o dos días. La estructura de estas toxinas ha sido recientemente dilucidada y se las ha agrupado en dos tipos principales (véanse figuras 7c y 7d).

Resulta, pues, imprescindible distinguir los fenómenos de mareas rojas de los de toxicidad, aun cuando en muchos casos estén asociados. Una marea roja puede ser causada por el florecimiento excepcional de una especie no tóxica, y la toxicidad de moluscos bivalvos se puede originar en la

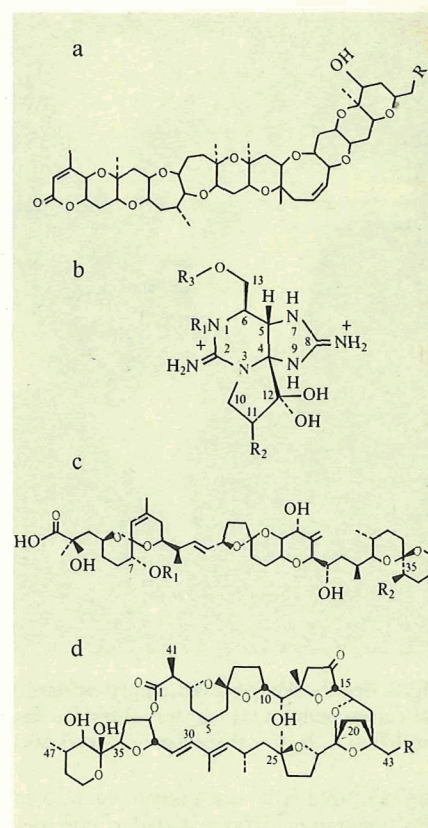


Fig. 7. Estructura general de algunas toxinas producidas por dinoflagelados: a) neurotoxinas del grupo de la brevetoxina-B, b) neurotoxinas del grupo de la saxitoxina, c) toxinas diarreicas del grupo okadaico y d) toxinas diarreicas del grupo de las pectenotoxinas.

acumulación de toxinas producidas por un dinoflagelado presente en concentraciones relativamente pequeñas. La asociación de ambos fenómenos, es decir una marea roja tóxica, es una situación excepcional y de extremo peligro para la biota y la salud de la población.

Las mareas rojas aparecen en nuestros días como un fenómeno en expansión (véase figura 8). Debe señalarse, sin embargo, que carecemos de la información necesaria como para poder asegurar que las alteraciones hoy registradas sean sucesos exclusivos de nuestro tiempo, ya que podríamos estar atravesando una fase dentro de un ciclo normal de larga duración. Pero lo cierto es que la expansión existe y el problema es grave y de absoluta actualidad.

Una de las explicaciones mejor fundadas, señala a la contaminación de las aguas en las zonas estuariales o costeras de circulación restringida, como principal responsable del incremento de las mareas rojas. La situación del mar interior del Japón resulta un buen ejemplo para ilustrar esta correspondencia entre contaminación y florecimientos excepcionales; prueba,

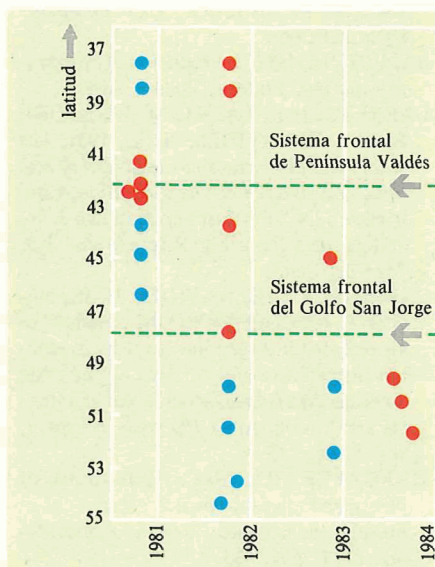


Fig. 6. Expansión del área tóxica en el Mar Argentino durante el período 1980-1984. Los puntos rojos corresponden a muestreos que revelaron toxicidad mientras que los puntos azules corresponden a muestreos que no la revelaron.

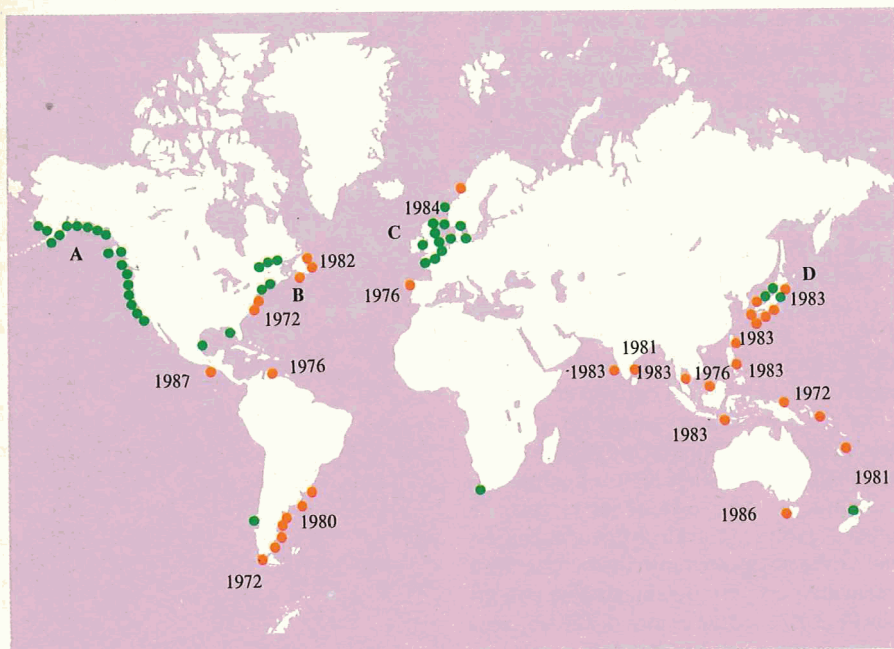


Fig. 8. Distribución mundial de intoxicaciones por veneno paralizante de moluscos. Los puntos verdes corresponden a los registros obtenidos hasta el año 1972 y los rojos de 1972 a la actualidad. Las letras A, B, C y D señalan áreas endémicas tradicionales.

también, que éstos disminuyen cuando se implementan medidas adecuadas para mejorar la calidad de las aguas (véase figura 9). Esta experiencia ha sugerido que la magnitud de los florecimientos está parcialmente relacionada con los aportes de materia orgánica (vitaminas y sustancias quelantes) y de nutrientes inorgánicos. En esta área como en otras bahías semicerradas o estuarios, el efecto de la hipernutrición se conjuga, para favorecer las mareas rojas, con la estabilidad física del ambiente. Pero esta manera de explicar el auge del fenómeno que nos ocupa no puede dar razón de los florecimientos excepcionales que se producen con frecuencia cada vez mayor en áreas donde los efectos de la contaminación pueden suponerse despreciables. El suceso de 1980 en el mar argentino, frente a Península Valdés, ejemplifica este tipo de circunstancia.

Recientemente, y a modo de hipótesis, se ha señalado la posible conexión entre el desarrollo de mareas rojas y el incremento de la radiación ultravioleta como consecuencia de la disminución de la capa de ozono. Esta teoría se basa en el hecho de que los dinoflagelados, como otros organismos primitivos, existían en los tiempos en que dicha capa estaba en formación y debieron desarrollar entonces sistemas de protección ultravioleta. Pero de este tema ya nos hemos ocupado.

Con el fin de disminuir o eliminar los efectos nocivos de las mareas rojas, resulta absolutamente imprescindible implementar sistemas de predicción y control. A pesar de los diversos modelos desarrollados,

la predicción de los fenómenos sigue presentando innumerables dificultades. El típico carácter monoespecífico de estos florecimientos aparece como una ventaja, ya que permite utilizar el patrón ecológico de la especie como representante de toda la comunidad. Sin embargo, como cada una de las especies tiene distinto comportamiento, los modelos desarrollados para una de ellas no suelen ser aplicables a las demás o a áreas con diferentes condiciones fisi-

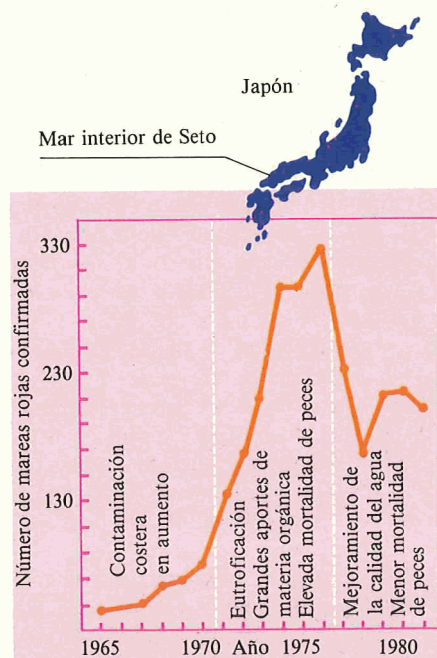


Fig. 9. Relación entre el número de mareas rojas detectadas en el Mar Interior de Seto (Japón) y los procesos de contaminación del agua.

coquímicas. Un factor adicional de complicación es la diversidad genética de las especies formales.

En algunos casos, como en Japón en la década de 1930, se ha intentado controlar las mareas rojas adicionando sulfato de cobre al agua en que se desarrollaban experiencias con ostras cultivadas. Aunque los dinoflagelados son más sensibles que las diatomeas y otros organismos marinos al efecto tóxico del cobre, su poca especificidad lo torna inapropiado. Tampoco ha tenido éxito el desarrollo de otros agentes químicos de control ya que no se conoce ninguno que sea letal sólo para los dinoflagelados. Por otra parte, su uso práctico resulta antieconómico aun en áreas semicerradas de escasas dimensiones. El control biológico es sin duda preferible al químico, pero su desarrollo se encuentra aún en un ámbito especulativo.

En la actualidad, el único medio para prevenir las intoxicaciones humanas es el control permanente de las poblaciones de moluscos bivalvos. Este sistema, sin embargo, no soluciona el problema de las pérdidas económicas resultantes de los períodos de veda que son en muchos casos de larga duración. Una solución práctica a este problema es la detoxificación inducida a escala industrial. De los diversos métodos existentes para lograrla, el uso de ozono parece ser el más efectivo. (C)

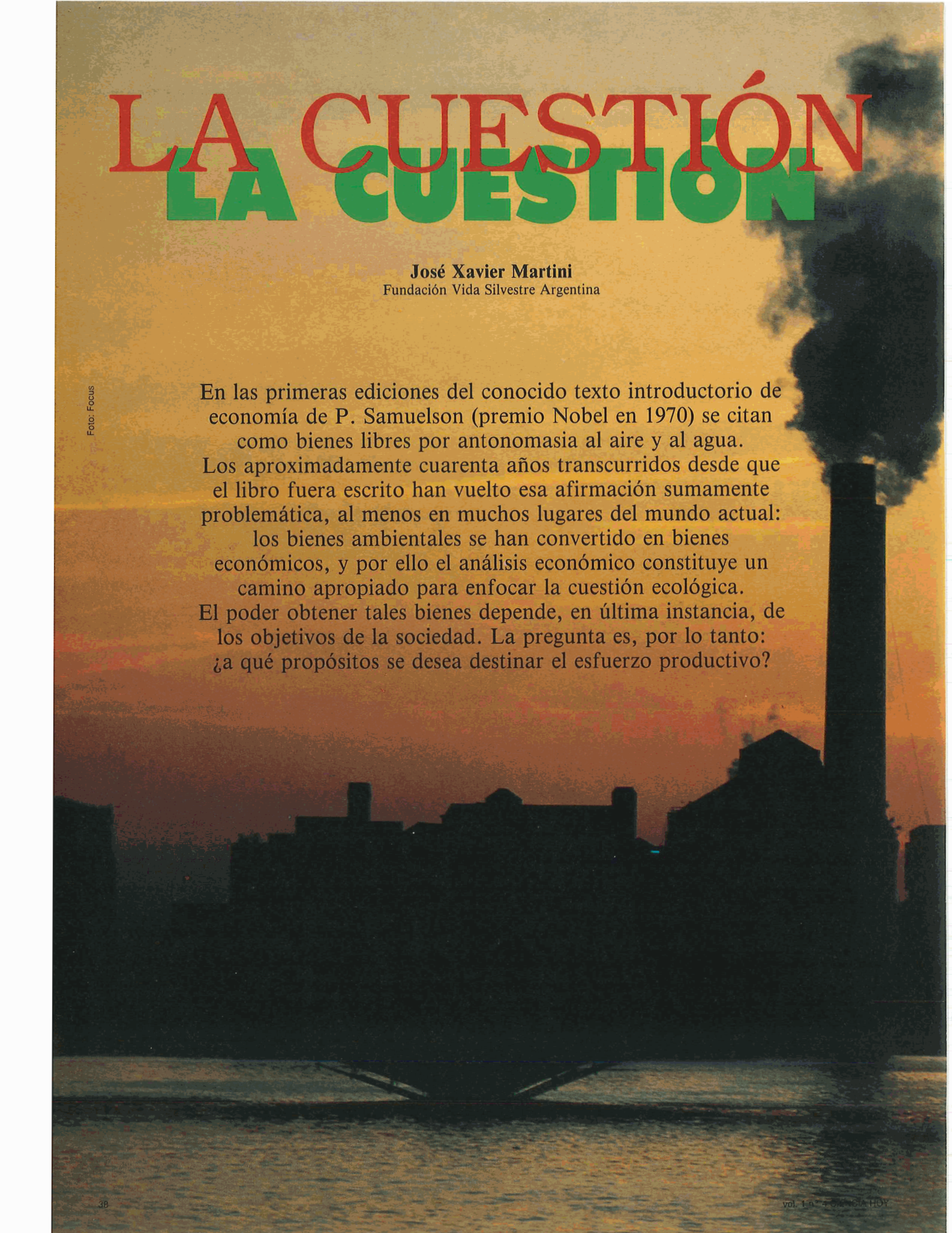


LECTURAS SUGERIDAS

- ANDERSON, D. M., WHITE, A. W. y BADDEN, D. G. (eds.), 1985, *Toxic dinoflagellates*, Elsevier.
- BALECH, E., 1977, *Introducción al fitoplancton marino*, Eudeba, Buenos Aires.
- CARRETO, J. I., LASTA, M. L., NEGRI, R. M. y BENAVIDES, H. R., 1981, *Los fenómenos de marea roja y toxicidad de moluscos bivalvos en el Mar Argentino*, Contribución INIDEP (Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero), N° 399, Mar del Plata.
- CARRETO, J. I., BENAVIDES, H. R., NEGRI, R. M. y GLORIOSO, M., 1986, "Toxic red tide the Argentine Sea. Phytoplankton distribution and survival of the toxic dinoflagellate *Gonyaulax excavata* in a frontal area", *Journal of Plankton Research*, vol. 8, pág. 15.
- MARGALEF, R., 1978, "Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment", *Oceanologica Acta*, vol. 1, pág. 493.
- OKAICHI, T., ANDERSON, D. M. y NEMOTO, T. (eds.), 1988, "Red-tides: Biology, Environmental Science and Toxicology", Elsevier.
- TAYLOR, F. J. R. (ed.), 1987, *The biology of dinoflagellates*, Blackwell.



LA CUESTIÓN

The background of the page is a photograph of a city skyline at sunset. The sky is a mix of orange, yellow, and dark blue. A large, dark silhouette of a factory chimney is on the right, emitting a thick plume of dark smoke that rises into the sky. In the foreground, the dark silhouettes of city buildings are visible against the horizon. The water in the foreground is dark and reflects the light from the sky.

José Xavier Martini
Fundación Vida Silvestre Argentina

Foto: Focus

En las primeras ediciones del conocido texto introductorio de economía de P. Samuelson (premio Nobel en 1970) se citan como bienes libres por antonomasia al aire y al agua.

Los aproximadamente cuarenta años transcurridos desde que el libro fuera escrito han vuelto esa afirmación sumamente problemática, al menos en muchos lugares del mundo actual:

los bienes ambientales se han convertido en bienes económicos, y por ello el análisis económico constituye un camino apropiado para enfocar la cuestión ecológica.

El poder obtener tales bienes depende, en última instancia, de los objetivos de la sociedad. La pregunta es, por lo tanto: ¿a qué propósitos se desea destinar el esfuerzo productivo?

ECOLÓGICA ECOLÓGICA

un análisis económico

Las palabras economía y ecología no sólo evocan dos universos distintos sino también, la mayor parte de las veces, posiciones antagónicas y hasta hostiles entre ellas. Lo cual resulta paradójico, pues ambos términos provienen de la raíz griega *oikos*, casa, mediante la cual se designa a la administración doméstica (*nemo* significa administrar) y, a la vez, al estudio del medio en que se vive (de *legein*, hablar, deriva *logos*, palabra y, por extensión, el discurso y el saber sobre el que se discurre). Cabría esperar, entonces, cierto acuerdo entre los estudiosos del medio en el cual vivimos y quienes lo administran para que podamos vivir del modo que deseamos hacerlo. Sin embargo, considerar nuestro ambiente desde el punto de vista ecológico suele llevar a conclusiones opuestas a las que se obtienen mirándolo desde la economía.

Tal aparente oposición entre ambos universos se puede ejemplificar con afirmaciones como las siguientes: “El creciente bienestar económico de la humanidad conduce al agotamiento de los recursos naturales y a la producción de cada vez más contaminantes del medio; en consecuencia, para evitar una catástrofe ambiental, hay que detener el crecimiento económico”. O también: “Las economías de mercado sólo se proponen obtener lucro; la conservación de los recursos y de la calidad ambiental no entran en sus preocupaciones; por ello, la protección del medio en el cual vivimos hace necesario supeditar el mercado a una planificación superior”.

Ambas afirmaciones son aceptadas por muchas personas interesadas en los temas ecológicos; ambas integran —en mayor o menor grado— las plataformas de los partidos políticos ecologistas o “verdes”; ambas, aun cuando apuntan a conflictos reales y contienen mucho de verdadero, están en esencia equivocadas. Intentaremos mostrar porqué.

Durante milenios el ser humano se sirvió del medio natural prácticamente sin limitaciones, tanto para vivir de los recursos que aquél podía proporcionarle como para deshacerse de los desperdicios. La capacidad del ambiente parecía —con excepción de situaciones particulares— ilimitada con relación al número de personas que debía mantener. Para éstas, en consecuencia, el medio era algo abundante, cuya utilización resultaba libre: cada persona podía consumir tantos recursos naturales como se le antojara, sin que por ello otros se vieran privados de hacerlo, y sin que nadie tuviese que sacrificar nada por ese motivo. Economía y ecología coexistían en paz, cada una en su ámbito.

Hoy las cosas no son así. Por un conjunto de causas interrelacionadas —crecimiento demográfico, transformaciones técnicas e industrialización, entre otras— la humanidad puede ejercer (y en muchos casos ejerce) tal presión sobre el ambiente que los cambios cualitativos y cuantitativos resultantes atacan gravemente contra muchas formas de vida, contra los sistemas naturales que éstas conforman y contra la propia existencia del hombre. En tales circunstancias, el ambiente ya no puede ser de libre utilización: se ha transformado de algo abundante en algo escaso cuyo uso no hay más remedio que, justamente, “economizar”. Si se da un destino al medio natural, no se le puede dar otro tal vez igualmente deseable; ya no es posible emplearlo para todo lo que se quiera y hay que optar por ciertas cosas al costo de sacrificar otras. Por ejemplo, parece haber amplio consenso en la comunidad científica internacional en que la atmósfera puede emplearse para recibir ciertos desechos gaseosos, como los compuestos de cloro, flúor y carbono, utilizados como propelentes en aerosoles de uso doméstico, sólo al costo de deteriorar la capa estratosférica de ozono que absorbe la radiación ultravioleta. O pantalla de ozono o aerosoles: he ahí la opción. Dicho de otro modo, los bienes ambientales se han

convertido en económicos, aunque de aquí no se deduce, sin más, que la economía y la ecología hayan entrado en conflicto (véase “Aire y agua: ¿bienes económicos?”).

Es sin duda cierto que a mayor población y mayor nivel de vida corresponde una mayor presión sobre el medio natural, pero no es menos cierto que la alternativa: crecimiento cero o desastre ecológico no es la única que enfrenta la humanidad. Tampoco está demostrado que detener el crecimiento demográfico y económico evite una catástrofe ambiental. Ése no es el punto, sino señalar que la sociedad humana puede elegir entre todos los conjuntos posibles de bienes económicos que sea capaz de producir, en los que podrán estar incluidos tantos bienes de tipo ambiental como efectivamente demande. En la medida en que esos bienes ambientales —como sucede con cualquier otro tipo de bien económico— proporcionen a la gente beneficios que ésta considere superiores a los costos que le ocasionan, serán una contribución positiva a su nivel de vida. Si el agua limpia se valora más que el costo de tratar los efluentes que la contaminan, entonces asignar recursos a ese tratamiento es una acertada decisión económica. Y sería absurdo decir, en tales circunstancias, que se está obstruyendo el crecimiento económico o disminuyendo el

nivel de vida, porque el agua limpia lograda constituye, precisamente, parte del crecimiento de la economía y del nivel de vida de la gente. Esto se comprende con facilidad si se recuerda que el crecimiento de una economía y el estándar de vida de una población se definen no por el dinero ganado o acumulado sino por el número y la calidad de los bienes y servicios producidos y consumidos.

No obstante lo dicho, el conflicto aparente entre medio natural y nivel de vida da lugar a una serie de cuestiones de cierta complejidad. Las más notables son la posibilidad de que se agoten los recursos naturales no renovables, la forma de explotar los renovables, la manera de evitar la contaminación ambiental, y lo que un economista llamaría el problema distributivo, es decir, la relación entre los bienes ambientales y el acceso de las distintas personas a mejores estándares de vida.

En la base de muchas de estas cuestiones está el hecho de que los bienes ambientales son mayoritariamente indivisibles: si el aire es puro para mí, también lo es para los demás; si alguien se tomó el trabajo de detener la producción de humo contaminante, no podrá impedir que otros se beneficien, aun cuando no hayan contribuido a sopor- tar los costos.

AIRE Y AGUA: ¿BIENES ECONÓMICOS?

El ambiente natural y los recursos que contiene han pasado de ser un bien libre o carente de valor económico a constituir un bien económico. Así como antes respondían a la clásica definición que los textos de economía suelen dar de los bienes libres —aquellos de los que todos pueden consumir todo lo que quieran— ahora se encuadran precisamente en el concepto de bienes económicos: los que son relativamente escasos, de suerte que si unos los consumen no los pueden consumir otros (o si se usan para un propósito, no se pueden usar para otro). La economía y la ecología ya no son disciplinas independientes.

Este cambio de la relación del medio natural con las necesidades humanas ha sobrevenido en tan poco tiempo que tenemos escasa conciencia de él, y menos aún hemos podido adaptar nuestros modos de pensar y de actuar a las nuevas circunstancias. Estamos tan acostumbrados a considerar el ambiente natural como algo que podemos usar sin restricciones, que no se nos ocurre —excepto en lo que se refiere a ciertos recursos naturales— considerarlo parte del mun-

do económico. Nos parece que demandar aire puro, agua limpia, áreas naturales protegidas y selvas inexploradas es requerir cosas de índole distinta de los bienes económicos que consumimos cotidianamente. Pensamos que proteger el ambiente es oponer valores éticos o estéticos a los valores económicos que resultan predominantes.

Razonamos así por haber quedado prisioneros de la visión del ambiente como un bien no económico o libre. No hemos advertido que, hoy, usar el medio natural es demandar bienes y servicios económicos. No se trata de confrontar la ética o la estética con la economía, sino unos bienes económicos con otros. Por ejemplo: o cortamos los árboles para fabricar muebles con su madera, o nos quedamos sin los muebles y disfrutamos de paseos por el bosque; o compramos productos baratos manufacturados en una planta que contamina el aire con el humo de su chimenea y el agua con efluentes químicos, o nos inclinamos por tener aire puro y agua limpia al precio de pagar más caros unos bienes a cuyo costo de producción se debe agregar el trata-

miento de las emanaciones de la fábrica. En el pasado, cuando lo habitual era que el aire fuese puro, nadie necesitaba pagar por lo que de todos modos disfrutaba gratuitamente. Ahora, en cambio, sólo pagando se consigue aire limpio. O dicho en términos más técnicos, hasta hace pocos años la oferta y la demanda de aire puro eran tales que su precio resultaba cero; actualmente dichas oferta y demanda determinan un precio positivo.

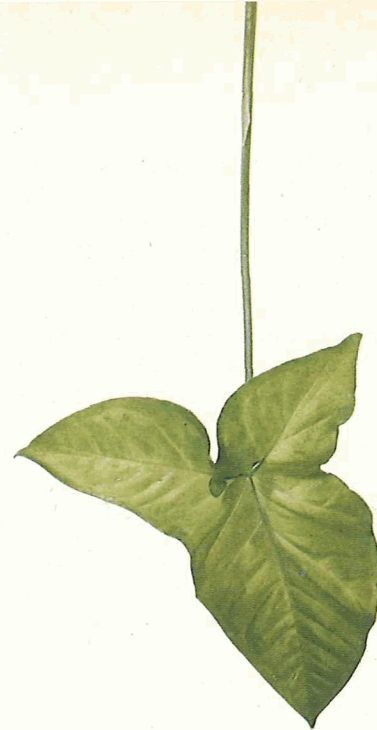
Concebir el medio natural como un bien económico permite eludir la disyuntiva de optar entre conservar el ambiente o mantener el nivel de vida. Este último resulta de consumir un conjunto de bienes, uno de los cuales es la conservación natural. El ambiente incontaminado, pues, es parte del bienestar económico, y se puede obtener de la misma manera que cualquier otro bien económico: pagando su costo, es decir, afectando recursos a esa finalidad, los cuales, consecuentemente, no podrán emplearse para otro propósito. La preocupación ecológica requiere el auxilio del enfoque económico.

La literatura económica distingue entre bienes privados, como televisores, y bienes públicos, como el alumbrado de las calles. Los primeros se consumen individualmente (si una persona compra un televisor, otra se queda sin él); los segundos son de consumo colectivo (que yo aproveche la iluminación de las calles para ver dónde piso no impide que hagan lo mismo mis vecinos). Los bienes públicos se caracterizan principalmente por dos atributos: la indivisibilidad de la oferta (alumbrar para uno cuesta lo mismo que alumbrar para todos) y la imposibilidad de exclusión (no se puede impedir que determinados individuos se beneficien del alumbrado). Se aprecia que, en su mayor parte, los bienes ecológicos son de tipo público.

La importancia de lo anterior reside en que los bienes públicos no se prestan a la asignación por el mercado, porque nadie se muestra voluntariamente dispuesto a pagar por algo que debe proporcionarse colectivamente a todos y que no hay certeza de que los demás acepten pagar (más bien habría que presumir que nadie pagaría, ya que de todos modos dispondría del bien). De la misma manera, un empresario privado no produciría un bien de esta clase, puesto que no estaría en condición de cobrárselo a la comunidad en conjunto, y no podría evitar su consumo por parte de quienes no pagasen. De aquí resulta que los bienes ecológicos requieren un enfoque económico diferente del aplicable a la mayoría de los demás bienes y servicios que consumimos, aunque, sin duda, no único, ya que hay muchas otras cosas difíciles de proporcionar por el mercado (el ya mencionado alumbrado público, la defensa nacional, la ópera, los servicios religiosos, el cuidado de la niñez abandonada y la investigación científica son algunos ejemplos).

Conviene advertir que los males ecológicos tienen el mismo carácter público en cuanto a su indivisibilidad de producción e imposibilidad de exclusión: si mi chimenea contamina el aire no sólo me afecta a mí que causé el trastorno, sino a todos, y mi vecino no tiene manera de evitarlo. Cuando estos males —y también los bienes— son un efecto indeseado de la producción o el consumo, suele hablarse de efectos externos o externalidades, o para distinguir su carácter beneficioso o perjudicial, respectivamente, de economías y deseconomías externas.

Bienes públicos y externalidades han llevado a decir que en determinados casos se produce un “fracaso del mercado” y a buscar las maneras de remediarlo. La primera en la que se pensó es que el Estado proporcione los bienes públicos y los financie mediante su facultad de



recaudar impuestos. Es la solución más utilizada para proveer determinados bienes, con resultados razonablemente satisfactorios. Pero los métodos de decisión que puede utilizar el gobierno —a través de procesos políticos democráticos— no garantizan una producción óptima de bienes públicos en el sentido de que su cantidad y calidad reflejen fielmente el valor que les dan los ciudadanos y los costos que insume producirlos. No estamos aludiendo con esto al defectuoso funcionamiento de la administración pública que la gente tiene en mente cuando habla de un “Estado ineficiente” sino que nos referimos a limitaciones que derivan de la índole misma del Estado y del proceso político. Por ello se puede señalar un “fracaso del gobierno” paralelo y equivalente al mencionado fracaso del mercado. Advuértase que, en este contexto, fracaso de mercado y fracaso de gobierno son conceptos de la teoría económica y no posiciones políticas.

Un segundo camino —que tiene gran antigüedad en nuestra cultura y que está cobrando hoy creciente importancia— es la provisión de ciertos bienes por entidades privadas sin fines de lucro, es decir, privadamente pero por un mecanismo distinto del mercado. Este camino es preferido, por ejemplo en los Estados Unidos, para muchas situaciones que, en Europa, se resolverían por la primera vía. De las aproximadamente 1500 orquestas sinfónicas que existen en aquel país, un 75% —en el cual se hallan incluidas todas las de mayor importancia— pertenecen a entidades privadas sin fines de lucro, al igual que todas las grandes compañías de ópera. En el área de la atención de la salud, un 70% de las camas hospitalarias están en manos del mismo tipo de organización, así como un alto porcentaje de las universidades, que incluye a buena parte de las más renombradas.

Otro remedio al que los economistas son particularmente afectos —pero que es poco empleado porque suele dejar indiferentes a los políticos y a la población en general, que no lo comprenden— es corregir los precios del mercado de aquellos bienes que dan lugar a externalidades mediante impuestos o subsidios, de modo tal que los consumidores paguen un monto que corresponda a los costos y beneficios totales causados a la comunidad por el bien en cuestión. Se acostumbra a hablar, en tales casos, de costos y beneficios sociales, por oposición a los costos y beneficios privados, y se intenta, por este camino, que determinados bienes puedan ser producidos con eficiencia por la vía del mercado, aun cuando exista un componente —mayor o menor— de bien público en juego.

Si, por ejemplo, una empresa resolviera organizar cursos para la capacitación de su personal, sería evidente que los beneficios de esa capacitación, al menos en parte, se le escaparían, ya que seguramente un número de empleados dejarían la empresa y hasta podrían ser contratados por un competidor. Si se acepta que es del interés de la sociedad que la gente mejore su capacidad laboral, sin considerar su lugar de trabajo, sería razonable que una parte del costo —precisamente la que corresponda a los beneficios que caigan fuera de la empresa o beneficios externos— no fuese soportada por ésta sino, tal vez, en parte por los propios beneficiarios, que indudablemente saldrán ganando a título individual, y en parte por la sociedad en su conjunto, para la cual es valioso que sus integrantes mejoren. En términos prácticos, esto significa conceder un subsidio a las empresas que se embarquen en programas de capacitación. Se lograría con ello inducir a las empresas a que tomen una decisión en virtud de los beneficios sociales, y no de los beneficios privados, porque se habrían equiparado los segundos a los primeros. Los beneficios externos serían internos, y los procedimientos normales del mercado conducirían a que se concretaran los cursos en cuestión.

Igual razonamiento puede aplicarse a las externalidades negativas y, en particular, a los males ecológicos, por ejemplo, a la contaminación ambiental. Lo expuesto hasta aquí indica que un ambiente incontaminado es, actualmente, un bien económico y como tal tiene un valor que se establece con relación a los restantes bienes económicos.

La limpieza del medio natural no es, en esta visión, un imperativo absoluto de índole ética o estética. Las razones éticas o estéticas, entre otras, explican por qué un ambiente incontaminado es valioso, pero conseguirlo tiene un costo y hay que decidir

si se lo quiere pagar. Esto lleva la cuestión al terreno de la economía.

Una segunda idea básica para abordar la cuestión de la contaminación ambiental es que los recursos asignados para controlar la estarán bien empleados en tanto la gente considere que ése es el mejor uso que se les puede dar. Dado que los recursos productivos que posee una sociedad son limitados (podrán ser muchos o pocos, pero en todas las sociedades, aun en las más ricas, son limitados), el mayor estándar de vida se logra aplicándolos a producir los bienes que más se valoran. Técnicamente, ello significa buscar la mejor relación entre costos y beneficios. El control de la contaminación ambiental mejora, pues, el nivel de vida, en tanto los beneficios de tener un ambiente limpio superen los costos del control, y a la inversa si sucede lo contrario.

Conceptualmente, las cosas están claras. La dificultad concreta reside en cómo poner esto en práctica en ausencia de un mecanismo de mercado del que resulte la asignación de recursos por comparación espontánea de costos y beneficios. Sin duda, los costos de medidas que controlen la contaminación pueden conocerse con precisión, pero no así los beneficios de un ambiente incontaminado, ya que se ignora la disposición a pagar que exterioriza el público cuando compra bienes privados en un mercado. Y no podría determinárselos por esa vía, dada la índole de bien público del ambiente libre de contaminación. La única salida es estimar como sea posible el valor de los beneficios, es decir, asignar precios ficticios o contables (también llamados precios sociales) al aire puro y al agua limpia, y sobre esa base tomar las decisiones de ejecutar u omitir posibles medidas. Esto no es sencillo, ni puede esperarse consenso sobre los valores que se establezcan. No hay, sin embargo, otra salida.

¿Cuáles son, pues, esas posibles medidas? Como ya se insinuó, la preferida de los economistas es un impuesto sobre el elemento contaminante que eleve los costos de consumir los bienes en cuestión en una suma igual al valor ambiental perdido. Si para fabricar televisores se incorpora humo al ambiente, el impuesto al humo encarecerá esos artefactos e incentivará tanto al público a consumir menos televisores contaminantes cuanto al fabricante a buscar un proceso industrial más limpio. Nótese que el impuesto es al humo y no al televisor, aunque su efecto sea encarecer a éste. Si el daño ambiental es muy importante, es decir, si el valor que el público asigna al aire limpio es grande y el humo que despiden las fábricas es mucho o muy nocivo, y si el impuesto está bien calculado (técnicamente: igual al valor del daño marginal), es posible que impida totalmente la fabricación de televisores

por medio de ese proceso. De todos modos, el resultado responderá a los gustos de la gente, cuyo bienestar será el mayor posible.

Esta clase de medidas suele ser muy resistida porque se tiene la impresión de que quienes pueden pagar adquieren la facultad de contaminar el medio natural a expensas del hombre común. Las reacciones son comprensibles pero no por ello acertadas, porque se apoyan en la tácita convicción de que el ambiente incontaminado no es un bien económico, y que se podría evitar la contaminación sin costo alguno, por ejemplo, prohibiéndola por ley. Sin tomar en cuenta las dificultades prácticas de hacer cumplir tal ley —que en la Argentina no son despreciables y posiblemente harían que el remedio fuese peor que la enfermedad— sería finalmente el hombre común quien de todos modos terminaría pagando, o por quedarse sin televisores o por tener que comprarlos al precio que resultara de técnicas de fabricación más costosas, y sin haber tenido la oportunidad de optar por la solución que mejor le conviniera: televisores baratos con aire contaminado, televisores caros con aire limpio, o alguna posición intermedia.

Lo importante es advertir que el hombre común —el consumidor— siempre tendrá que pagar: o los costos de convivir con la contaminación, o los de eliminarla hasta el grado que crea oportuno. Quienes deseen tener bienes o realizar actividades contaminantes tienen derecho a satisfacer su deseo siempre que soporten todos los costos. El argumento a favor del impuesto es que la gente pueda elegir, y que los causantes de la contaminación adviertan (porque deben

pagarlos) los costos que sus televisores u otros bienes ocasionan: así podrán tomar una decisión conociendo sus consecuencias y, al mismo tiempo, estarán compensando a los demás, mediante el impuesto, por los trastornos que le generan. El camino del impuesto a la contaminación da al problema ecológico una solución congruente con su índole económica y emplea los mecanismos normales de funcionamiento del sistema económico. No es la única solución económica sugerida pero, posiblemente, sea la que la teoría señale como más eficiente.

La cuestión ecológica está emparentada con la de los recursos naturales, tanto los renovables como los no renovables. No nos referimos aquí a los daños ambientales que pueda causar su explotación —derrames de petróleo en el mar, erosión del suelo por efectos de la minería, etcétera—, los que pertenecen a la misma categoría que la contaminación causada por la industria u otras actividades, y resultan abordables mediante los mismos instrumentos conceptuales. Aludimos a la (preocupante) posibilidad de que los recursos se agoten.

Es natural concebir a la tierra que habitamos como una gigantesca despensa que almacena los recursos de los que nos servimos; los que no se renuevan geológicamente o biológicamente (al menos en lapsos significativos para la evolución humana) se ven como agotables. Retiraremos lo que vayamos necesitando hasta que, un día, descubriremos que la despensa quedó vacía. La imagen parece plausible pero en realidad es poco adecuada.

En primer lugar, con excepción de la energía, nada se consume; físicamente los recursos se transforman pero siguen con nosotros. En este sentido, los recursos no son agotables: lo agotable puede ser la cantidad que se logre aprovechar a bajo costo. Esta es la idea que subyace al concepto de reservas de un determinado recurso, definidas como las cantidades conocidas que pueden ser rentablemente explotadas dados ciertos precios y ciertas técnicas. De aquí que —como ya lo advirtiera David Ricardo— los yacimientos de mayor ley (o de menor costo de extracción) se exploten en primer término. Las reservas pueden incrementarse, pues, no sólo porque se encuentren nuevos yacimientos, sino también porque el cambio de los precios o el progreso de la tecnología permitan explotar lo que antes era inaccesible.

Igual que el aire puro o el agua limpia, hay recursos que en el pasado eran abundantes y ahora se están volviendo progresivamente escasos en comparación con la creciente demanda de que son objeto. Antes había suficiente arena para todo lo que se quisiera, por ejemplo para la recreación pú-





blica en las playas y para construir edificios en las grandes ciudades balnearias; hoy podríamos quedarnos sin playa en algunos lugares si siguiéramos sacando arena despreocupadamente. Al igual que en el caso del medio natural incontaminado, estamos ante un problema económico al que debemos dar una solución económica: optar por los mejores usos de cada recurso sobre la base de que soporten como costo el valor que tenga el recurso para la sociedad. Dicho en otras palabras, tenemos que lograr que los precios de los recursos naturales reflejen su escasez relativa.

De acuerdo con las respectivas oferta y demanda, hay y continuará habiendo recursos más abundantes y más escasos, es decir, más baratos y más caros (arena y platino). Aquellos que soporten la mayor presión de uso se irán encareciendo y, de esta manera, tenderán a ser sustituidos por otros. Deter-

minados bienes o servicios alcanzarán precios particularmente altos, tan altos como sea necesario para poder obtener los recursos más escasos.

No se ve mayor sentido práctico, entonces, a temer el agotamiento de los recursos naturales y sus consecuencias maltusianas sobre la sociedad, salvo que, por alguna razón, los precios de dichos recursos sean demasiado bajos, lo cual no tiene por qué suceder excepto circunstancialmente o debido a groseros errores de política económica (que sin duda existen pero no perduran para siempre).

La experiencia parece indicar, por otro lado, que los recursos naturales, en general, no se han encarecido, comparativamente con otros precios, ni se advierte razón para que lo hagan en un futuro previsible. Más bien, durante las últimas décadas, ha sucedido lo contrario. Sea esto como fuere, el

hecho real e inevitable es que los mismos factores que aceleran la transformación y contaminación del medio natural —crecimiento económico y demográfico, tecnificación, industrialización, etcétera— también incrementan la demanda de recursos naturales.

Una solución posible —en una especie de retorno al paraíso perdido bajo el lema *small is beautiful* o alguno similar— es detener o disminuir dicha demanda mediante el llamado crecimiento cero (mantener iguales la población y la producción actuales). Pero no es una solución carente de inconvenientes: la gente puede preferir extraer de la tierra cobre cada vez más costoso antes que quedarse sin adornos —caros— de ese metal. Además, está por demostrarse que sea la mejor. Alternativamente, cabe asignar los recursos

ECOLOGÍA PARA RICOS Y POBRES

Los bienes ambientales interesan a las clases medias y altas: atraen poco y nada a los individuos (y a los países) pobres. Esto es explicable: quien todavía no obtuvo lo básico —alimentación, vestido, alojamiento, salud, etcétera—, le atribuye escaso valor al aire un poco más limpio, al agua un poco más pura y a que no se extingan las ballenas. Si la sociedad asigna recursos a estos objetivos, es posible que todos deban soportar una parte de los costos, ya sea directamente, bajo la forma de impuestos, o indirectamente, por el encarecimiento de ciertos bienes o por la reducción del empleo en industrias contaminantes. Para aquellos que no valoren los beneficios ecológicos, ello constituye una reducción de su bienestar (o de su ingreso real), de la misma manera que produce un incremento del ingreso real de los grupos que desean mejorar el ambiente.

La situación anterior se agravaría hasta puntos muy críticos en condiciones de crecimiento cero: lejos de acercarnos a una sociedad menos conflictiva, nos encontraríamos con que los desposeídos sólo progresarían en la medida en que lo-

garan disminuir en su provecho los ingresos de los poseedores. Además, no se podrían producir nuevos tipos de bienes —incluidos los ecológicos— sino al costo de dejar de producir otros que se tiene el hábito de consumir.

Detrás de estos problemas económicos y ecológicos se oculta la cuestión política de cómo resolver importantes diferencias de opinión, acerca de asuntos de repercusión común, sostenidas por distintos grupos sociales. Aun en sociedades razonablemente democráticas, en las cuales es perfectamente posible —y de hecho así sucede— que haya personas con un intenso interés por los bienes ecológicos mientras otras no les otorguen el menor valor, se puede concebir que, por conducto del sistema político, se resuelva que la calidad ambiental en sí misma es lo suficientemente importante para el conjunto como para justificar procurarla. Ello puede ocurrir incluso en contra de la opinión de muchos individuos, quienes, por el carácter público del bien, no podrán desentenderse del mismo. Esta clase de bienes, que el poder público considera de valor para todos y

decide proporcionar u obligar a consumir aun en contra de la voluntad de algunos, suelen denominarse bienes meritorios (*merit goods*). Es lo que justifica la educación obligatoria o el subsidio estatal a las ciencias y las artes. Simétricamente, hay “males meritorios” (*merit bads*) cuyo consumo se restringe mediante impuestos (alcohol, tabaco) o se prohíbe (marihuana).

La cuestión distributiva se plantea a propósito de quién soporta los costos (todos o sólo los que valoran los bienes) y en qué proporción (todos por igual, o según su ingreso, o según la importancia relativa que le dan al ambiente). Nada impide que los pobres, que asignan escaso o ningún valor a los bienes ecológicos, los reciban de todos modos y sean eximidos de pagarlos, de la misma manera que deben obligatoriamente enviar a sus hijos al colegio (reciben gratuitamente, lo valoren o no, un bien meritorio). Pero es poco probable que los bienes ambientales se puedan obtener hasta que no se decida quién los paga.

disponibles a las necesidades sociales según un orden de preferencia que resulte de las valoraciones que den las personas a esas necesidades (el crecimiento cero se elegiría si la gente prefiriese más ocio a más bienes). De esta manera, se iría decidiendo, al ritmo de la variación gradual de los precios, a qué propósitos asignar los recursos disponibles (véase “Ecología para ricos y pobres”).

La imagen de los recursos naturales como mercadería depositada en una despensa lleva a plantearse el problema del ritmo óptimo de extracción. Es el dilema infantil de comer la torta ahora o guardarla para más tarde, que tampoco pinta adecuadamente la situación. Consumir un recurso ahora significa no poder consumirlo después; al costo de extracción o producción habría que agregar un segundo costo que refleje la privación futura, para llegar al costo verdadero del consumo actual. En la jerga económica, este segundo costo suele llamarse costo de oportunidad y también renta (en inglés, *royalty*). En la medida en que los consumidores tomen sus decisiones en base a precios de los recursos que incluyan su costo de oportunidad, no hay que preocuparse más por la falta de disponibilidad futura del recurso: ya se la habrá tenido en cuenta al resolver su utilización presente. En términos más técnicos, puede decirse que

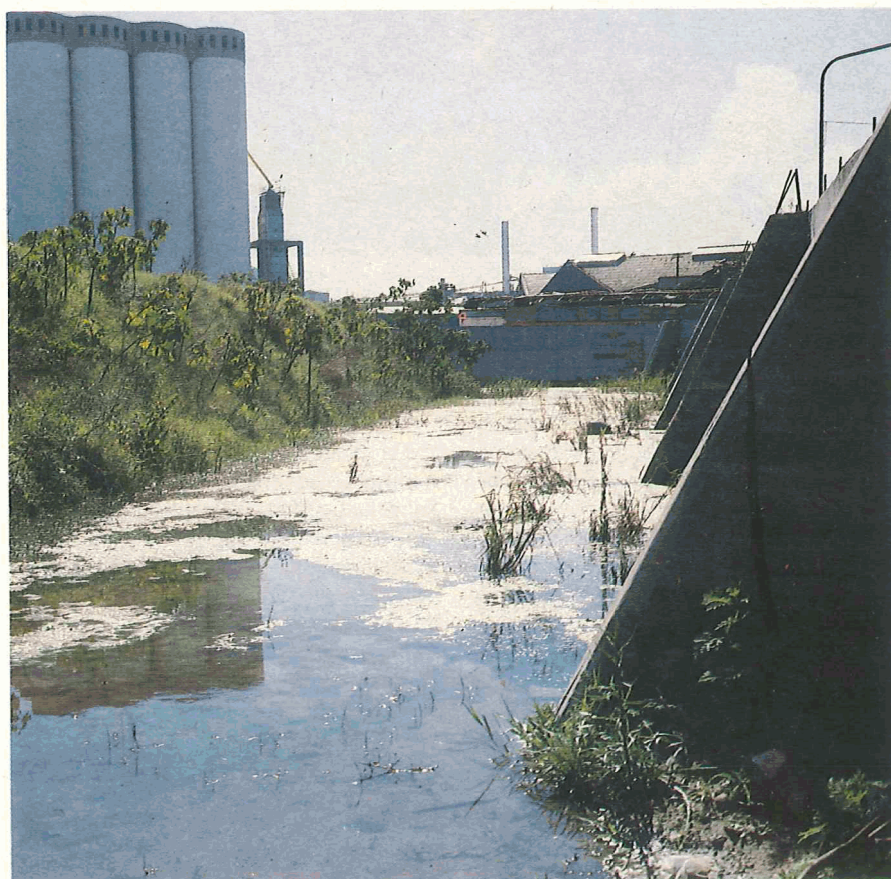


Foto: Andrés Barragán

el ritmo óptimo de extracción de un recurso es aquél que haga máximo el valor presente de sus beneficios netos, o que permita que el valor presente de la renta sea igual en todos los períodos (es decir, que el valor de la renta aumente en el tiempo según la tasa de interés).

En cuanto a los recursos renovables, el razonamiento anterior tendría que ser complementado por la consideración del crecimiento natural de la población que compone el recurso. Por lo común éste suele alcanzar un máximo para un cierto tamaño de dicha población, que depende de la capacidad de sustento del medio que la soporta. El punto interesante a los efectos de nuestro tema, sin embargo, no es ése, sino advertir que existen circunstancias por las cuales poblaciones con valor económico corren el riesgo de extinguirse. Se trata de aquellos casos en los cuales los derechos de propiedad del recurso no están definidos, por lo que la pieza cosechada es un bien privado de quien la capturó pero la población preservada es un bien de propiedad común. Concretamente, si renuncio al beneficio de matar una ballena hoy para que pueda preservarse la especie, no podré resarcirme de ese costo cobrándoselo a los que consigan cosechar ballenas en el futuro porque yo dejé de hacerlo ahora. Los derechos de propiedad, en este caso, llevan a que el interés individual no coincida con el interés común. Una forma de arreglar las cosas, en los casos en que técnicamente fuese posible, es definir derechos de propiedad: el ganado doméstico no está en peligro de extinción. De ser imposible, se han sugerido y empleado diversas soluciones, algunas bastante groseras e ineficientes (cuotas, restricciones al tipo de equipos de captura, etcétera) y otras que apuntan mejor a las raíces del problema, constituidas por la propiedad común del recurso. Entre éstas se puede mencionar un impuesto, por unidad capturada, que refleje las pérdidas futuras (el costo de oportunidad o renta).

Volvamos ahora a la incompatibilidad de la conservación ambiental con la economía de mercado, según fue expresada sintéticamente en la segunda afirmación transcrita al inicio de este artículo. Hay en ese argumento un punto bien fundado: el carácter público de los bienes ecológicos, la existencia de externalidades ambientales —positivas o negativas— y la indefinición de ciertos derechos de propiedad llevan a que la actividad económica regida por un mercado no sujeto a normas especiales desemboque en perjuicios al medio natural (en términos económicos, se diría que desemboca en un resultado ineficiente). Pero de aquí no se deduce que la conservación de la naturaleza sea imposible en



economías de mercado; ni siquiera que sea más difícil que en economías planificadas.

La afirmación citada parte de una formulación incorrecta, puesto que las economías de mercado o capitalistas no tienen por finalidad el lucro sino el bienestar económico, obtenido mediante el consumo de bienes y servicios. El lucro es un instrumento que lleva a ese fin; en cambio, un medio natural incontaminado y muchos recursos naturales (las áreas silvestres, por ejemplo) son bienes que contribuyen directamente a dicho bienestar. En este sentido, la conservación de los recursos y la calidad ambiental son preocupaciones tanto de las economías de mercado como de las economías socialistas. Se trata, entonces, de establecer si en ambas se podrían lograr y, en segundo lugar, en cuál de ellas es posible hacerlo mejor.

En una economía de mercado es posible aplicar medidas razonablemente eficientes que permitan obtener tantos bienes ecológicos como el público realmente desee (es decir, esté dispuesto a pagar). En los párrafos anteriores se han sugerido distintas formas de hacerlo, las que, en esencia, apuntan a que los mercados operen mejor y sean complementados por instrumentos subsidiarios allí donde, por circunstancias particulares, fracasan. No se ve ventaja alguna en substituir, para este propósito, al mercado por una planificación central, o a la propiedad privada por la propiedad pública de los medios de producción (es decir, al capitalismo por el socialismo).

Si reemplazar al mercado no parece condición necesaria, tampoco es condición suficiente: la existencia de serios problemas ambientales en países de economía planificada, como el de Chernobyl en la Unión Soviética, demuestra que el socialismo por sí solo no garantiza la felicidad ecológica. Los gerentes socialistas de industrias contaminantes no tienen por qué exhibir más preo-

cupaciones ambientales que sus contrapartes capitalistas, ni las flotas balleneras soviéticas tienen por qué ser menos perniciosas para la supervivencia de los cetáceos, salvo —para unos y otros— que el sistema contenga los incentivos necesarios.

Técnicamente, es posible poner esos incentivos en ambos sistemas. La experiencia parece indicar que operan mejor en un régimen de mercado, pero este punto es parte del debate mucho más amplio acerca de las bondades relativas de ambas maneras de organizar la economía; y no se advierte que en tal debate la cuestión ecológica tenga un papel importante que desempeñar. El fondo del asunto no es que el lucro, que constituye el motor del sistema capitalista, sea la causa de los males ecológicos porque la sociedad prefiere el dinero al bien común. Si esto fuese así, un sistema socialista, ajeno a la búsqueda institucionalizada del lucro, estaría a salvo de los problemas ambientales. Lo esencial reside en que tanto el socialismo como el capitalismo se han encontrado —desapercibidos— ante dichos problemas, y no les resulta sencillo encararlos. Es así, en parte, porque en ambas sociedades se afectan intereses; y en parte porque, en una y otra, los mecanismos de decisión política son lentos (posiblemente más en el socialismo que en el capitalismo). Mientras tanto, el ambiente se deteriora.

No es de la economía de donde proceden los objetivos sociales: tener el máximo de bienes, aun al precio de deteriorar el ambiente, no es un postulado económico: es un objetivo individual o colectivo. La cuestión ecológica es, principalmente, una cuestión política, en el sentido de lograr el consenso que permita encararla, ya que, por su carácter de bien público, no se puede confiar en que el mercado se ocupe automáticamente de ella. Pero con los ajustes del caso —y sin interferencias— el mercado puede hacer mucho por llevar las cosas adonde se quiera que vayan. En este sentido, no sólo es necesario superar las hostilidades entre la economía y la ecología sino también integrar a ambas en una armonía superior ☺



LECTURAS SUGERIDAS

- CLARK, C. W., 1976, *Mathematical Bioeconomics*, New York.
- FISCHER, A. C., 1981, *Resource and Environmental Economics*, New York.
- HACHENBERG, F., 1983, "Verschraenkung von Oekonomie und Oekologie", *Holz-Zentralblatt*, 123, Stuttgart, Okt.
- SOLOW, R. M., 1974, "The Economics of Resources or the Resources of Economics", *American Economic Review*, 64.
- THUROW, L. C., 1980, *The Zero-Sum Society*, New York.



PAISAJE CON VICUÑA

Bibiana Vilá

Instituto de Investigación en Zonas Áridas,
Centro Regional de Investigaciones
Científicas y Tecnológicas (Mendoza)

Fotos de la autora

El estudio de la conducta de los animales es una tarea ardua y fascinante.

En este sentido, el conocimiento de la vicuña —a menudo perseguida y sacrificada para comercializar su hermosa lana— implica descubrir una parte importante de la vida en la Puna. Las diversas formas de adaptación de la vicuña a una zona tan hostil son aspectos poco divulgados, al igual que la estrecha vinculación que este animal tiene con lo misterioso y lo sagrado para los lugareños.

En la Puna, desierto de altura de Perú, Bolivia, Chile y Argentina, vive la vicuña, cuyo nombre científico es *Vicugna vicugna*. Es la especie más pequeña de los camélidos y habita, silvestre, entre los 3.000 y los 4.800 metros sobre el nivel del mar. Su capacidad de adaptación a un ambiente tan crítico —de índole morfológica, fisiológica y etológica— la convierten en interesantísimo animal de estudio. Se estima que durante el Imperio Incaico existían 1,5 millones de vicuñas. En esa época la caza indiscriminada estaba prohibida y tanto los animales como su lana eran propiedad del Inca. Con la llegada del español, los camélidos sudamericanos comenzaron a ser diezmados y particularmente la vicuña por su valiosa lana. La disminución en el número de animales fue drástica y continua hasta hace pocos años. En 1950 existían aproximadamente 400.000 vicuñas y en 1967 sólo quedaban unos 10.000 ejemplares en Bolivia, Chile y Argentina.

En 1969, la vicuña fue clasificada como “rara” por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. La implementación de medidas proteccionistas (a partir de la década del '70) a nivel internacional, nacional y provincial logró que el número de ejemplares aumente y que se cambie la clasificación de especie “rara” por la de “vulnerable”. Las razones para proteger activamente a la vicuña eran diversas: la disminución en el número de animales y la reducción en su distribución; su altísimo valor económico como recurso natural renovable; la posibilidad de ser un factor de cambio socioeconómico para la población humana puneña; las interesantes adaptaciones de este animal a un ambiente tan inhóspito como la Puna. La distribución de la vicuña en nuestro país abarca el noroeste de las provincias de San Juan, La Rioja, Catamarca, Salta y Jujuy, y en la actualidad hay aproximadamente 13.000 animales (véase “La evolución de los camélidos”).





Camélidos domésticos que habitan en la Argentina: la llama (izquierda) y la alpaca (derecha), esta última en cantidades muy reducidas.

LA EVOLUCIÓN DE LOS CAMÉLIDOS

De las cuatro especies de camélidos sudamericanos, dos son domésticas (llama y alpaca) y dos son silvestres (guanacos y vicuñas). Todas habitan ambientes áridos y altos, y sólo el guanaco lo hace en zonas a nivel del mar.

La historia evolutiva de los camélidos comienza en América del Norte hace unos 45 millones de años. A partir de un pequeño antecesor de 30 cm de talla (*Protylopus petersoni*) se genera una serie de especies con tendencia al aumento de tamaño hasta que, hace alrededor de tres millones de años, un gran camélido (*Parazemelus*) emigra a Asia por el estrecho de Behring, diversificándose en las dos especies de camellos que allí existen actualmente: el camello con dos jorobas (*Camelus bactrianus*) y el dromedario (*Camelus dromedarius*). Aproximadamente para la misma época, *Hemiauchenia*, otro camélido norteamericano parecido a la llama actual, pasó por el istmo de Panamá (recién formado) hacia América del Sur. La evolución en Sudamérica a partir de este antecesor es poco conocida dado que el registro fósil es incompleto. Hace unos diez mil años, los camélidos se extinguieron en América del Norte. Las causas de este fenómeno están aún en debate: algunos autores opinan que se debería a cambios climáticos y otros al arribo del predador más eficiente, el hombre. De las seis especies actuales, dos se encuentran en Asia y cuatro en América del Sur.

Así como la fauna latinoamericana actual es muy rica en roedores, murciélagos y marsupiales, es poco diversa en grandes herbívoros —sólo hay tres es-

pecies de tapires, tres de pecaríes, once especies de ciervos y los camélidos—. Esto marca una gran diferencia con las 93 especies de ungulados africanos. Dentro de esta poco diversa fauna de mamíferos grandes, los camélidos son los herbívoros dominantes en las zonas andinas y de mesetas áridas.

La distribución de las especies domésticas es principalmente andina. Las evidencias arqueológicas indican que las llamas y la alpacas fueron domesticadas hace unos ocho mil años y algunos autores coinciden en que estas especies fueron “creadas” por el hombre a partir de las especies silvestres, principalmente del guanaco. Otros sostienen que el nacimiento de las mismas fue consecuencia de la domesticación de algún antecesor silvestre que no sería ninguna de las especies silvestres actuales.

Los camélidos domésticos fueron elementos estratégicos para las culturas precolombinas: se los utilizó como animal de transporte y para obtener carne y lana. Puede decirse que la economía del Imperio Inca se basó en la explotación de la llama (*Lama glama*). Este animal tenía, a su vez, un alto valor religioso y ceremonial. Los límites del Imperio estarían relacionados con los límites ecológicos de la llama. Actualmente, en Perú y Bolivia se sigue utilizando la llama como animal de carga, mientras que en la Argentina es principalmente productora de lana y carne. Se estima que hay aproximadamente 150 mil animales en nuestro país y es un refuerzo ganadero muy importante para el campesino puneño. La esquila es en primavera y cada

animal rinde aproximadamente 1,5 kg de lana. Lamentablemente, la llama es de importancia secundaria con relación a la oveja y no se realiza un manejo adecuado, con un bajo nivel de parición y no se separan los animales por color, de modo que la lana no es uniforme.

La alpaca (*Lama pacos*) es más pequeña que la llama y produce una lana de gran calidad. Hay muy pocas en la Argentina, probablemente porque es un animal típico de las zonas de puna más húmedas. En Bolivia y Perú se estima que hay aproximadamente tres millones y el número crece pues es un ingreso económico muy importante.

Entre los camélidos silvestres, el guanaco (*Lama guanicoe*) tiene una amplia distribución, aunque ha desaparecido de muchas de las zonas donde habitaba, principalmente por la presión del hombre, que ha modificado ambientes y cazado crías. En la actualidad se lo encuentra en pastizales de altura, pampas, arbustales y bosques, pero prefiere especialmente espacios abiertos. Su distribución altitudinal va desde 0 metro hasta los 4.000 metros sobre el nivel del mar. El guanaco pesa aproximadamente 100 kilogramos. En nuestro país ha sido cazado porque se lo considera competidor de las ovejas y por el alto valor económico del cuero de las crías o chulengos.

En cuanto a la vicuña, muchos autores consideran que se originó independientemente del resto de los camélidos sudamericanos actuales, a partir de la línea del antecesor sudamericano inicial, *Hemiauchenia*.

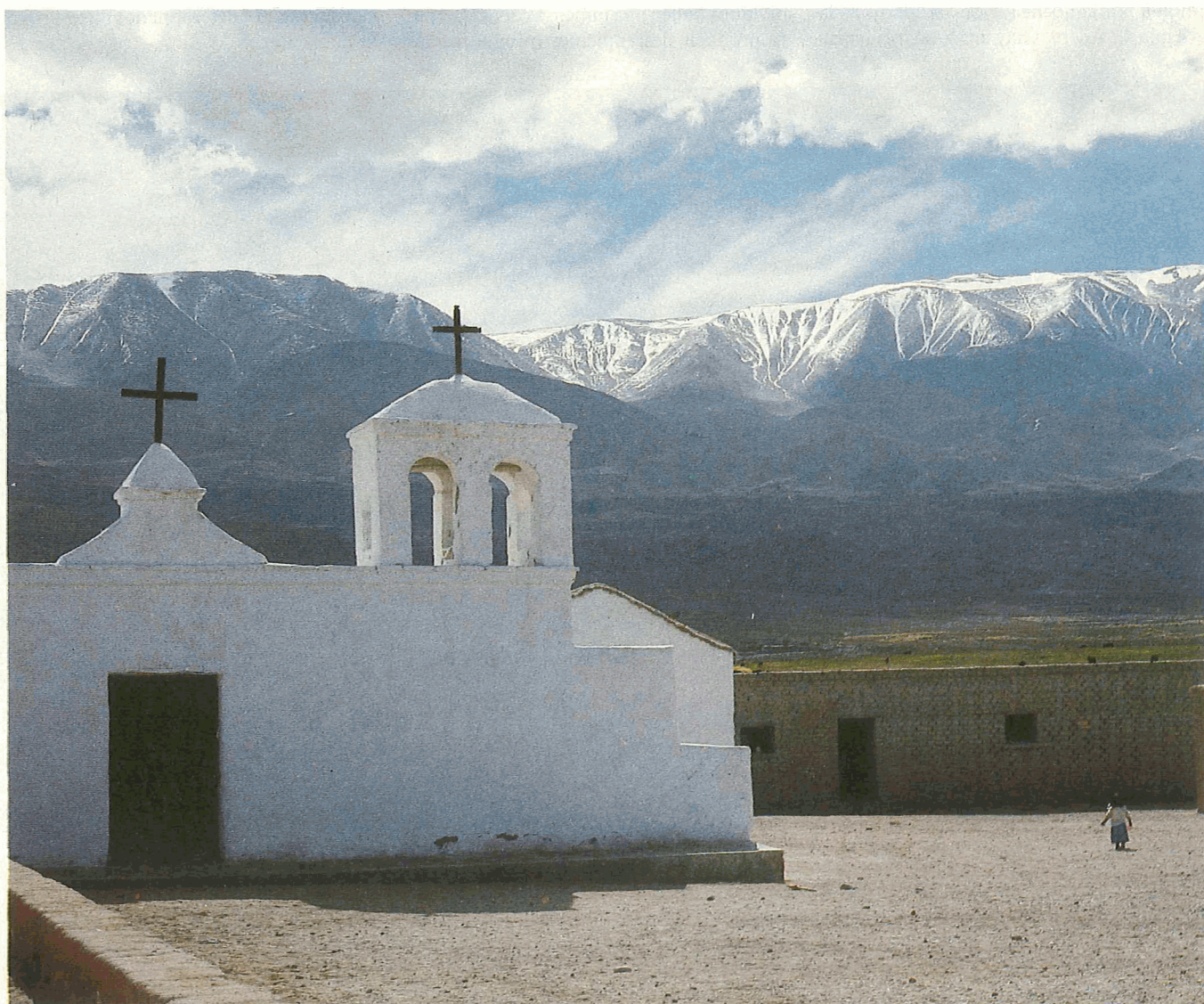
La Puna y la vicuña están íntimamente relacionadas. La Puna es un ambiente muy árido, con bajo tenor de oxígeno en el aire. Los estudios que dan lugar a este trabajo se realizaron en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Abrapampa en la Puna jujeña, que geomorfológicamente pertenece al sector oriental de la Puna. Está caracterizada por cordones serranos y amplios bolsones de relieve suave relativo, ya que los valles se encuentran a unos 3.500 metros sobre el nivel del mar. El clima es muy riguroso, seco, frío y con una marcada amplitud térmica. La temperatura mínima anual es de -25°C y la máxima de 30°C : puede variar 25°C en un mismo día y no hay período libre de heladas. Las lluvias son escasas (280 mm anuales) y se producen desde noviembre a marzo. Los suelos (semidesérticos grises) son “esqueléticos”, así denominados por tener una muy fina capa de humus. Predomina la estepa y la vegetación típica es

la de pastos duros y amarillos como la chilagua (*Festuca circifolia*, *Deyensia sp.* y *Distichlis humilis*) y algunos arbustos bajos y achaparrados como la tola (*Lepydophyllum tola*).

La vicuña se adapta a un lugar de baja productividad vegetal por su tamaño relativamente pequeño y, en consecuencia, por una demanda de alimento proporcionalmente baja. Las vicuñas adultas pesan entre 35 y 50 kilogramos y la longitud del cuerpo es de aproximadamente un metro. Las patas terminan en dos dedos con almohadillas en su parte inferior, que les permiten una mejor adhesión al suelo pedregoso sin erosionarlo. Otro rasgo adaptativo de las vicuñas —en este caso a los vegetales duros— es que son los únicos rumiantes que tienen crecimiento continuo de los incisivos (al igual que los roedores). Los incisivos filosos también les permiten cortar la vegetación y no arrancarla, como hacen, por ejemplo, las ovejas. Esta técnica alimentaria evita

la extracción de los pocos vegetales punenos. Los mismos son de difícil digestión debido a su alto contenido de fibras. La vicuña tiene el estómago dividido en compartimentos donde el alimento permanece mucho más tiempo que en el de otros herbívoros.

Una lana muy especial compuesta de dos capas, una más gruesa externa y una más fina interna, le permite soportar las bajas temperaturas de la Puna. El diámetro de la fibra es de 12 micrómetros (cada micrómetro es la millonésima parte de un metro). Además durante una lluvia, la capa interna se mantiene seca y aislante, porque la superior se dobla al mojarse. Existe también una adaptación comportamental que permite mantener esta capa aislante: las vicuñas se revuelcan todos los días y cubren así la lana con una capa de polvo que, al separar las fibras, genera un espacio con aire; éste se calienta con la temperatura del animal y produce un efecto de aislación térmica con respecto al medio externo.



Paisaje característico de la Puna (Laguna Blanca, Catamarca).

En la Puna, la reducción del oxígeno con respecto al nivel del mar es de un 40 %. Sin embargo, las vicuñas llegan a correr a 47 km/h a 4.500 metros de altura. No tienen más glóbulos rojos, ni una frecuencia respiratoria más alta. Pero poseen una hemoglobina muy particular, parecida a la de los fetos de otros animales, que capta el oxígeno con mucha eficiencia aun cuando éste sea escaso en el aire. La forma elíptica de sus glóbulos rojos sería una adaptación para la difusión de oxígeno.

También encontramos aspectos fisiológicos adaptativos en la reproducción. Las crías nacen muy grandes, tienen aproximadamente el 15 % del peso de sus madres. Este gran tamaño con relación a otros mamíferos y el vigor que presentan las crías son considerados consecuencias de la necesidad de tener recursos energéticos para soportar los primeros días de vida en un ambiente crítico. Las vicuñitas nacen por la mañana, ya que, si no se secan durante el mediodía, es muy probable que mueran de frío o neumonía por la noche (véase "El parto de la vicuña"). Además hay una gran incidencia

de reabsorciones de fetos o abortos espontáneos en aquellas hembras que durante el invierno están en malas condiciones. Proseguir la preñez podría costarle la vida a la madre. Con estos mecanismos la cría no nace, pero la madre sigue viva y potencialmente puede parir una cría el año siguiente.

Estas relaciones entre las vicuñas y la Puna son realmente ajustadas y sorprendentes. La selección natural (propuesta por Darwin en 1871) se ha mostrado como una fuerza poderosa en la naturaleza, capaz de "crear" estos ajustes.

La selección natural es una consecuencia de la combinación de algunas propiedades de las poblaciones naturales y el ambiente. Una de esas propiedades es la variabilidad: los individuos que forman una población natural difieren entre sí en morfología, fisiología y comportamiento (no son idénticos). Algunas de estas diferencias son de origen genético y, por lo tanto, heredables. Una segunda propiedad relevante es que los individuos tienen una inmensa capacidad para producir descendientes (producen más

crías que las que llegan a la edad adulta). En general, los números de individuos de las poblaciones naturales se mantienen más o menos constantes a lo largo del tiempo. Esto significa que existe una "competencia" entre individuos (o una competencia entre las distintas formas alternativas que presentan los genes, los alelos) y, como consecuencia de aquélla, algunas variantes dejan más crías que otras (algunos alelos han hecho más copias de sí mismos) y la población se enriquece en estas variantes.

Los factores que determinan qué variantes son las que "ganan" la competencia se llaman "presiones de selección". Pueden ser de tipo ambiental, climático, ecológico, social y, en general, actúan varias simultáneamente. Algunas de ellas pueden ser identificables por nosotros (por ejemplo, 40 % menos de oxígeno en el aire).

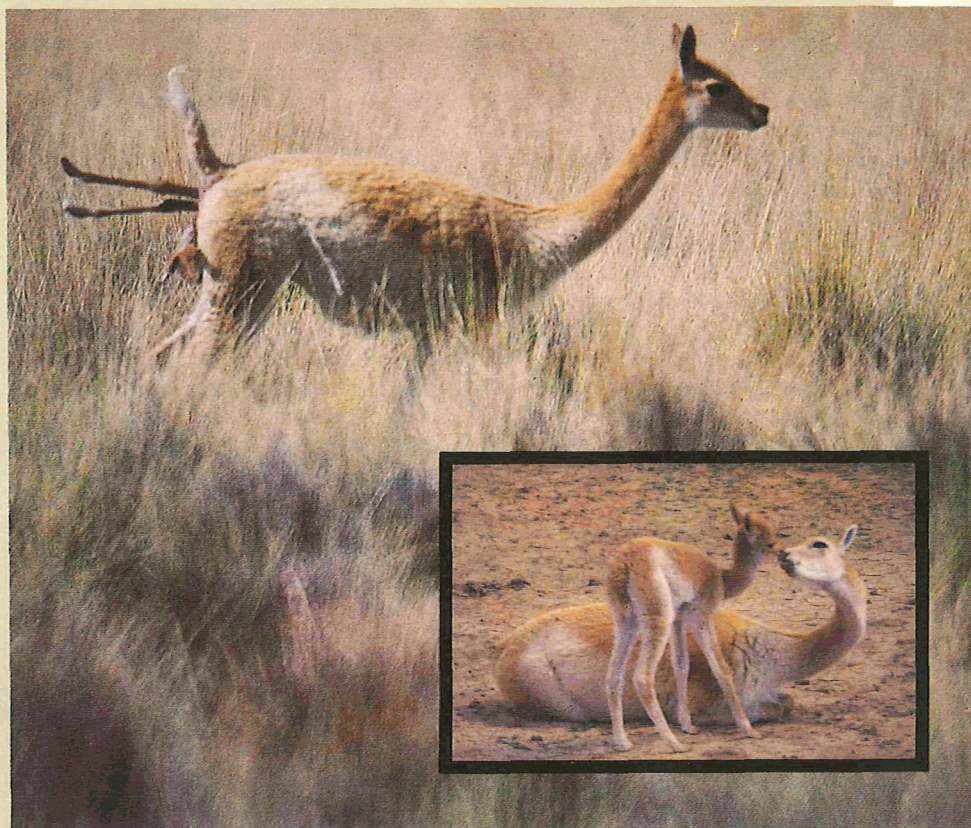
En otras palabras, la selección natural es el proceso por medio del cual la composición genética de una población cambia como consecuencia de la producción diferencial de crías por determinados miembros de la población.



EL PARTO DE LA VICUÑA

4 de marzo de 1987, 10.00 h: La hembra con la cola levantada, camina en círculos, se huele la zona vulvar y se aleja lentamente de la familia. 10.45 h: Sobresalen las pezuñas de la cría, la madre se mantiene caminando. A las 11.10 h ya la cabeza y parte del cuello de la cría sobresalen, miembros del grupo familiar se acercan y huelen a la madre. A las 11.20 h nace la cría. Durante 20 minutos la cría está echada y la madre la lame, luego comienzan los intentos para pararse y a las 12.00 h (40 minutos después de nacer) se mantiene sobre sus patitas. Después de varias pruebas, se amamanta a las dos horas de nacida y también da sus primeros pasos. Luego del amamantamiento, la madre y la cría se mantienen en contacto, echadas, y descansan aproximadamente tres horas.

A los cuatro días de vida de la cría hay un traspaso de material vegetal desde la boca de la madre hacia su boca. Esto se interpreta como que la madre transfiere parte de su flora ruminal a la cría, de manera que ésta tenga cómo digerir su primer alimento vegetal. La cría comienza a comer pasto entre el segundo y tercer día luego de dicha interacción.



Si definimos “éxito reproductivo” como la cantidad de crías vivas que llegan a la edad de procrear, los individuos que se seleccionan son los que tienen mayor éxito repro-



A la izquierda, familia de vicuñas. El macho aparece relativamente separado del resto del grupo. Arriba, un “revolcadero”, en el territorio defendido por los machos adultos.

ductivo. En los mamíferos, las hembras invierten más energía en las crías que los machos, ya que aquéllas las gestan y amamantan, mientras que los machos sólo fertilizan a las hembras. Esta desigualdad en la “inversión” determina formas diferentes de aumentar el éxito reproductivo. El mismo, en caso de una hembra depende de la habilidad para criar, o sea para adquirir recursos nutricionales y transferirlos a la prole, tanto en la gestación como en el amamantamiento. En cambio, el éxito reproductivo de un macho depende de su capacidad en la competencia con otros machos por la monopolización de hembras. Por ejemplo, un macho de vicuña con cinco hembras en su territorio durante cinco años tiene potencialmente 25 crías, mientras que cada hembra tiene a lo sumo cinco. Hay una gran variación en el éxito reproductivo de los machos, porque mientras algunos obtienen más de una hembra, otros no se reproducen en la temporada y pertenecen a tropas de solteros.

Las observaciones que aquí se transcriben se hicieron a una población de aproximadamente 300 vicuñas que viven en extensos potreros con pastura natural y un curso de agua que los atravie-

sa, desde un mangrullo de madera de 6,5 metros de altura.

Los machos adultos defienden durante todo el año zonas donde viven las hembras y sus crías. El número de hembras por macho en estas “familias” varía entre 1 y 10 (poliginia); la familia promedio de un macho es de cuatro hembras y dos o tres crías. El macho territorial defiende con agresiones la zona de uso exclusivo de la familia. Esta zona incluye generalmente no sólo las pasturas, sino también lugares con afloraciones de sal que son lamidas por los miembros del grupo. En los territorios hay además sectores de suelo pelado, “revolcaderos”, donde los animales se revuelcan, y “bosteaderos”, sector de acumulación de heces y orina. La época reproductiva abarca desde febrero a abril —temporada de lluvias y de mayor productividad forrajera— y el pico de nacimientos ocurre en las últimas semanas de febrero y primeras de marzo. Las hembras paren una sola cría y la gestación dura generalmente entre 330 y 350 días. En la semana siguiente al parto, la hembra entra en celo y se aparea con el macho territorial. Las crías permanecen en el territorio hasta aproximadamente el año de vida, cuando son expulsadas agresivamente por el macho.

Los machos no territoriales y los subadultos forman "tropas de solteros" cuyo número varía entre dos y 48 animales. Estos grupos no restringen sus movimientos a una zona defendida, sino que son muy móviles. Tampoco tienen una estructura social definida: las tropas se fusionan y dividen con mucha frecuencia. Los machos de un año viven en las tropas de solteros hasta la edad adulta. El mecanismo más generalizado por el cual algunos machos solteros pasan a ser territoriales cuenta con una etapa inicial en la que el macho se desprende de la tropa y defiende una zona aún sin hembras. Las hembras de un año separadas de las familias son las que ocuparían estas zonas. Otro mecanismo posible pero menos probable sería a través de una pelea durante la cual un macho soltero desplaza a un macho territorial y obtiene la zona con las hembras.

Uno de los aspectos más interesantes en el comportamiento social de la vicuña es el que se refiere al conflicto en la relación materno-filial. Las hembras más exitosas

son aquellas que tienen la mayor cantidad de crías vivas durante su vida y el factor más importante para lograrlo sería el incremento en la eficiencia de la crianza, o sea la inversión (leche y cuidados) que la madre realiza en la cría. Esta inversión puede analizarse en términos de costo-beneficio (véase "Sociobiología y comportamiento"). Para la madre, el beneficio es el grado en el cual la inversión aumenta la probabilidad de supervivencia de su cría; el costo es el grado en el cual al entregar energía a esta cría disminuye la posibilidad de hacerlo en descendencia futura. Por su parte, para la cría podría decirse que la inversión de la madre en ella es casi puro beneficio. Sobre la base de estas premisas, R. L. Trivers diseñó en 1974 un modelo que posee un alto valor predictivo. Desde el punto de vista genético todas las crías comparten con su madre la mitad de la información genética (aportada por el óvulo); por lo tanto, para la madre cada cría es equivalente. Pero desde el punto de vista de la cría, ésta es genéticamente única y sólo comparte la mitad de los genes con

sus hermanos, por lo tanto "su vida es doblemente importante que la de aquéllos".

Los costos y beneficios varían con el tiempo. Amamantar a una cría de dos días de vida es más beneficioso que hacerlo cuando ésta tiene cinco meses. Así como el beneficio disminuye a medida que la cría crece, el costo aumenta. Llegará un momento en el que para la madre el costo sea mayor que el beneficio, por lo que estaría seleccionada para finalizar la inversión. Pero para la cría, "su vida es más importante" que la de sus hermanos, tiende a devaluar el costo que infringe y sigue exigiendo inversión en ella por parte de la madre. Estas diferencias originan el conflicto.

En las vicuñas se puede esperar un buen ajuste entre los costos y los beneficios de la crianza, ya que al vivir en un ambiente tan crítico las madres "reservarían" energía para las crías futuras. Este hecho las pone en conflicto con las crías de la temporada. Cuando nacen las vicuñitas, las madres se mantienen cerca y las amamantan cada dos horas. En ese momento, las madres fabri-

SOCIOBIOLOGÍA Y COMPORTAMIENTO

Cuando se analiza el comportamiento de los animales, se pueden formular dos tipos de preguntas: aquellas dirigidas a entender el *cómo* del comportamiento y las dirigidas a entender el *por qué*. Las respuestas a cómo ocurre una conducta involucran los mecanismos fisiológicos y bioquímicos que subyacen a la misma. Cuando se pregunta acerca del *por qué*, se buscan los valores adaptativos del comportamiento.

La sociobiología es una rama de la biología evolutiva que intenta responder a los *por qué* de la conducta, aunando conceptos de la biología del comportamiento, de la ecología de poblaciones y de la biología evolutiva. Para la sociobiología todo comportamiento resulta de una compleja interacción entre la herencia y el ambiente. El comportamiento, entonces, está sujeto a los efectos de la selección natural, de manera tal que los animales están predispuestos a comportarse adaptativamente en sus ambientes naturales.

Cuando se estudia el valor adaptativo de un comportamiento, se debe evaluar cómo ese comportamiento afecta el éxito reproductivo del animal que lo realiza. En sociobiología se toman en cuenta no sólo la habilidad individual para producir descendientes directos (hijos y nietos) con relación a otros individuos de

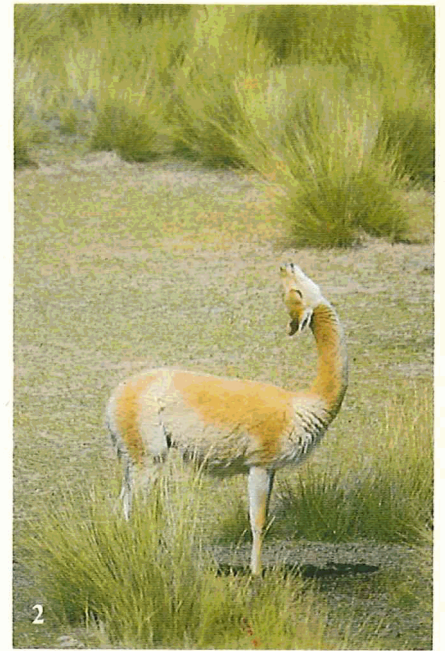
la misma población en el mismo momento —a lo cual se llama adecuación (*fitness*) individual— sino también la habilidad individual para dejar parientes relacionados genéticamente (adecuación indirecta). La cantidad de genes transferidos por un individuo a la población será la suma de estas dos habilidades, denominada adecuación inclusiva. Obviamente, medir el éxito reproductivo de ciertos individuos en el campo es muy difícil. Se trabaja con medidas indirectas, como el número de hembras que tiene un macho en su territorio, asumiendo que este macho es el padre de las crías de aquellas.

En una investigación de muy largo plazo realizada por H. Clutton-Brock en ciervos colorados se individualizan animales desde el nacimiento y se los estudia y sigue durante toda la vida, de tal manera que se relacionan las tácticas y conductas seguidas con el número de crías y parientes vivos que dejan. Este excelente trabajo es uno de los pocos que miden la selección natural cuando actúa en una población silvestre.

A pesar de que la consecuencia reproductiva directa de un comportamiento en particular no puede ser medida, se pueden evaluar los costos y beneficios potenciales que trae involucrada la conducta. El *costo* es una de las consecuen-

cias de un comportamiento que decrece la tasa con la cual los genes involucrados en el mismo son propagados en las próximas generaciones. Implica riesgos, predación, gastos de energía y otras consecuencias que afectan la capacidad individual para sobrevivir y reproducirse. El *beneficio* es una consecuencia del comportamiento que incrementa la tasa con la cual los genes involucrados en esa conducta son propagados en futuras generaciones. Involucra adquisición de recursos, protección contra la predación, etc. Aquellos *comportamientos óptimos* serían los que realizan los animales con el más alto beneficio y el mínimo costo, es decir, suponen una relación beneficio/costo máxima.

Esta noción de optimización, junto con la búsqueda de comportamientos y estrategias adaptativas, son los aportes más importantes a las ciencias del comportamiento animal en los últimos años. Por eso la sociobiología revolucionó el estudio de las conductas individual y social. Hasta su aparición, los trabajos sobre comportamiento eran en general descriptivos y con explicaciones a posteriori. La sociobiología genera modelos teóricos previos que toman en cuenta los significados adaptativos de las estrategias de los animales en los términos del *por qué* del comportamiento.



1. Hembra con su cría (a su lado). La restante cría pertenece a la misma familia. 2. Rastros de orina permiten al macho detectar la presencia de hembras en celo. 3. Ejemplar de quince días de vida. 4. Cópula. 5. Machos solteros.

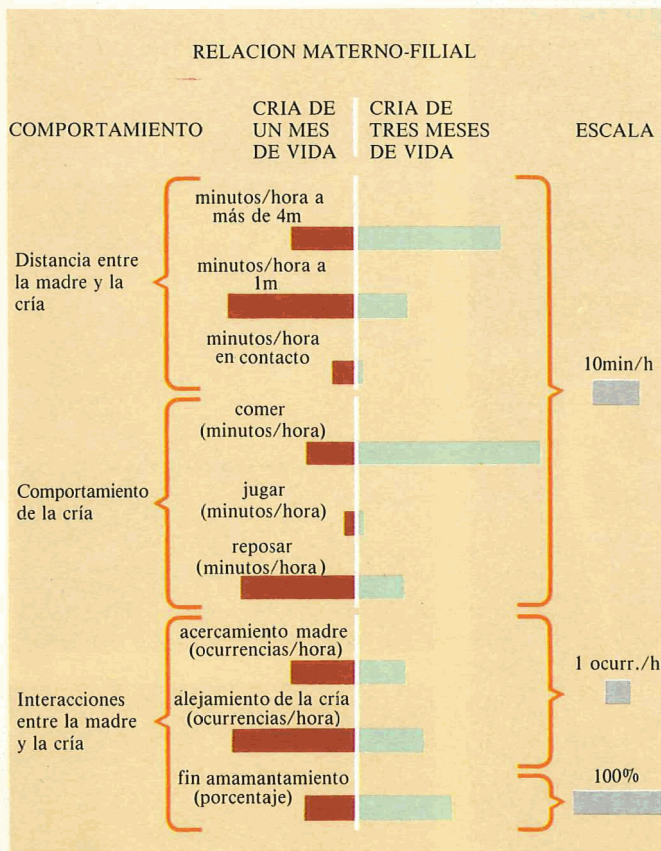


Fig. 1. Comportamiento de las crías en su interacción con la madre.

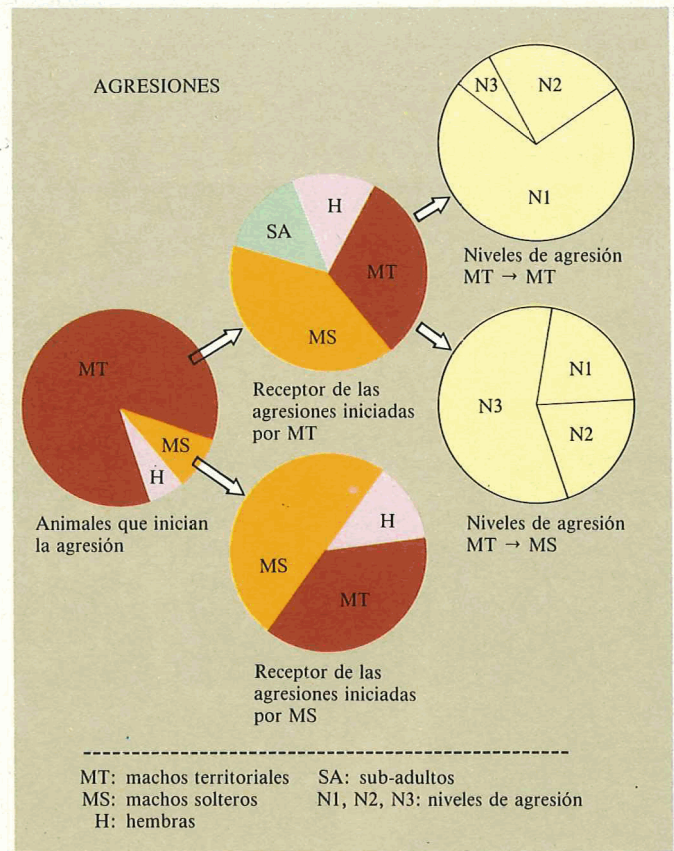
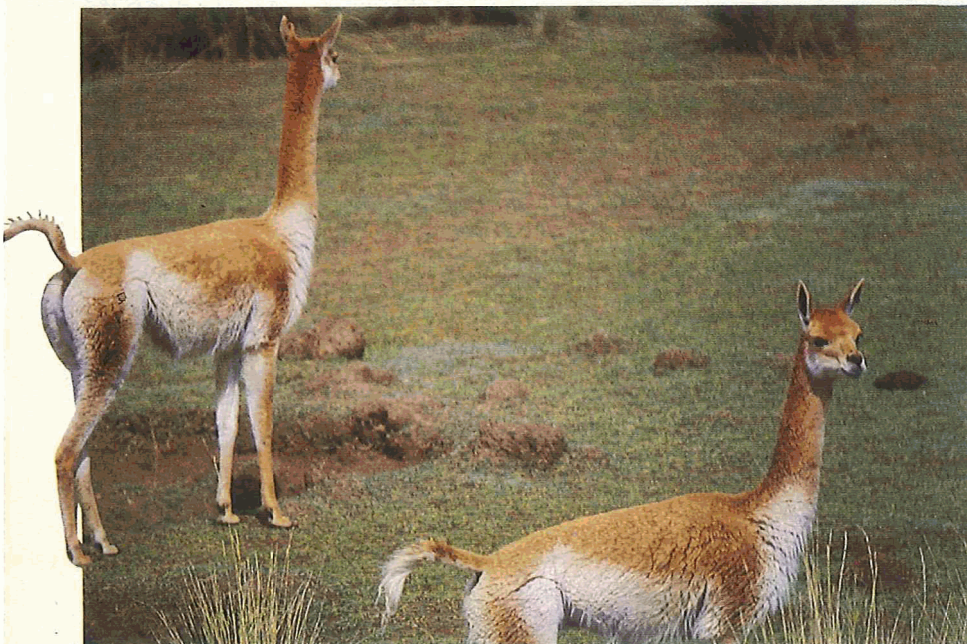


Fig. 2. Distintos tipos de agresiones entre machos.

can más leche que la que toma la cría y, por lo tanto, es ésta misma la encargada de finalizar la mitad de los amamantamientos. Cuando la vicuña es pequeña, la inversión en leche y cuidados es muy beneficiosa pues de ello depende su supervivencia. A los cinco días de vida ya puede comenzar a comer pasto y, a medida que pasa el tiempo, su exigencia de leche es más costosa para la ma-

dre (no hay que olvidar que está gestando nuevamente). Si la madre brindara a la cría la leche y cuidados que ésta solicita, es muy probable que adelgace tanto que no siga la gestación y reabsorba o aborte la nueva cría durante el invierno. La comparación del comportamiento de las crías en su primer mes de vida y cuando tienen tres meses muestra diferencias notables y significativas en

su interacción con la madre (véase la figura 1). Durante el primer mes de vida, las vicuñas madres son las encargadas de mantener la proximidad y las pequeñas tienden a explorar el mundo y a jugar con otras. La mayor parte de la energía que utilizan proviene de la leche. Pero al tercer mes de vida, las madres finalizan el 95 % de los amamantamientos y evitan muchos intentos inter-



Agresiones entre machos. A la izquierda, de nivel 1 (entre machos territoriales). A la derecha, de nivel 3 (entre machos solteros).

poniendo la pata entre la cabeza de la cría y su zona ventral; tienden a alejarse y las crías son las encargadas de mantener la proximidad. Éstas, a su vez, juegan menos ya que la mayor parte de la energía que emplean proviene del pasto que consumen.

Este cambio de roles tiempo-dependiente es uno de los resultados de las observaciones que apoyan la existencia del conflicto entre las madres y las crías. El tiempo (la edad de la cría) es el factor fundamental, ya que si la madre comienza a rechazar los amamantamientos cuando la vicuña es muy pequeña, ésta no sobrevive al invierno; mientras que si la amamanta demasiado tiempo, es probable que pierda la que está gestando. El fin de este conflicto es el destete.

Otra conducta de especial interés es la de la agresión, mecanismo por el cual los machos monopolizan hembras (véase la figura 2). La agresión también puede ser analizada en términos de costos y beneficios. El beneficio sería lo que se obtiene o mantiene cuando se gana la pelea (recuérdese que el éxito reproductivo de un macho depende de su capacidad en la competencia con otros machos por la monopolización de hembras), mientras que el costo serían las lastimaduras y el gasto energético involucrado en la pelea. La agresión puede dividirse en tres niveles: 1) no llega al contacto físico y es prácticamente una "amenaza"; 2) incluye una corrida entre los animales intervinientes; 3) los contendientes se golpean los cuellos, se patean y se muerden. También puede estimarse un índice de agresión que relaciona las agresiones emitidas con las recibidas. Este índice señala una correlación con el número de hembras en el grupo reproductor y, a su vez, la relación entre el éxito reproductivo de los machos y la agresión.

Como los machos territoriales poseen hembras, cuando agreden, lo que está en juego es su éxito reproductivo; en consecuencia es esperable una alta frecuencia de inicios de encuentros agresivos. Si se pelean entre sí, lo hacen principalmente en el nivel 1 de agresión y alejan al vecino o generan una demarcación conjunta de los límites territoriales. Las peleas de los machos territoriales con machos solteros ocurren principalmente en el nivel 3, lo que se debería a que estos últimos pueden iniciar la defensa de un territorio y, por lo tanto, obtener hembras; generalmente, además, son más jóvenes que los machos territoriales.

Los machos territoriales también agreden hembras. Lo hacen para mantenerlas dentro del territorio cuando se acercan a los límites del mismo (nivel 1), y cuando las crías de un año, que son expulsadas de la familia también mediante la agresión, buscan protección en sus madres (nivel 2).



HISTORIAS EN LA PUNA

Las vicuñas tienen dueño, ellas son el rebaño de la Pachamama o de Coquena. Si alguna persona mata más animales de los que necesita para abrigar a sus hijos, recibe un castigo.

En la Puna, Romualdo cuenta que un viejito de Cochínoca sabía de un señor que estaba cazando vicuñas con arma de fuego y que de repente vio una vicuña hermosa toda blanca. La siguió y le disparó. Pero la bala no lastimó al animal sino que rebotó y mató al cazador. Esto pasó porque, en realidad, la vicuña blan-

ca era Coquena, que utilizó este recurso para proteger a sus animalitos.

Otras veces la gente ha visto, entre los grupos de vicuñas silvestres en el cerro, a una viejita coya con las trenzas muy largas y muy blancas que coquea muy tranquila. En realidad, esta viejita es la mismísima Pachamama que está cuidando a las vicuñas porque es su pastora.

A mí nunca me han pasado estas cosas porque soy gringa.

B. V.

Esta es una breve mirada sobre algunos aspectos del comportamiento de las vicuñas. Según J. P. Scott, si no tenemos una "pintura" general del comportamiento y organización social de una especie, es muy poco lo que se puede realizar a nivel de manejo sin riesgo para la misma. Otros investigadores destacan la importancia fundamental del conocimiento profundo de la biología y la sociobiología de los ungulados, cuando se quiere manejarlos en estado silvestre. Es necesario conocer las particularidades de la organización social para predecir las consecuencias de las acciones del hombre sobre las poblaciones silvestres. Pero, en definitiva, las vicuñas son joyas de la naturaleza muy atractivas como objeto de estudio y, cuando nos acercamos a ellas, no debemos olvidar que son el rebaño de la Pachamama. ☉



LECTURAS SUGERIDAS

- CAJAL, J. L. y AMAYA, J. N., 1985, "Estado actual de las investigaciones sobre camélidos en la República Argentina", Ministerio de Educación y Justicia, Secretaría de Ciencia y Técnica, Programa Nacional de Recursos Naturales Renovables, SECYT.
- CLUTTON-BROCK, T. H., 1982, *Red deer: Behaviour and Ecology of the two sexes*, Chicago, University of Chicago Press.
- DARWIN, C. R., 1888, *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*. London Murray.

- FRANKLIN, W. L., 1982, "Biology, ecology and relationship to man of the South American camelids". *Mammalian Biology in South America*, eds. Mares M. A. y Genoways H. H. Special Publications Series 6, págs. 457-489, Laboratory of Ecology, University of Pittsburgh.
- TRIVERS, R. L., 1974, "Parent-offspring Conflict", *Am. Zool.*, 14, págs. 249-264.
- WILSON, E. O., 1975, *Sociobiology: The New Synthesis*, Belknap Press, Harvard.



A. absolute Gravity. B. Conatus against absolute Gravity. C. partial Gravity. D. comparative Gravity. E. horizontal, or good Sense. F. Wit. G. comparative Levity, or Coxcomb. H. partial Levity, or pert Fool. I. absolute Levity, or Stark Fool.

GRAVITACIÓN Y EXPERIENCIA

Héctor Vucetich

Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas
Universidad Nacional de La Plata

Los fundamentos de la teoría de la gravitación están sintetizados en el llamado principio de equivalencia, formulado por Einstein, que afirma la identidad de comportamiento de un sistema físico local acelerado y del mismo sistema colocado en un campo gravitacional adecuado. Experimentos recientes, algunos de ellos realizados en la Argentina, han corroborado con gran precisión su validez.

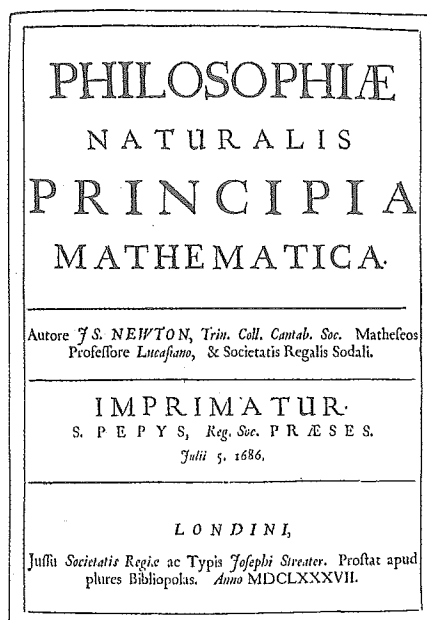
Je suis François, dont il me poise,
Né de Paris, emprès Pontoise,
Et de la corde d'une toise
Sçaura mon col que mon cul poise.

François Villon

*Yo soy François, lo cual me pesa,
Nacido en París, cerca de Pontoise,
Y con la cuerda de una toesa
Sabrá mi cuello que mi culo pesa.*

Todos conocemos la fuerza de gravedad: desde pequeños nos enfrentamos con ella al aprender a caminar o al comprobar cómo se rompen nuestros juguetes contra el piso, hasta que somos capaces de prever su acción y dominarla. Damos por sentado su presencia y sólo en ocasiones especiales, como al zambullirnos desde un trampolín, podemos gozar de la sensación de "ingravedez". Hemos aprendido a servirnos de la gravedad desde hace mucho tiempo: el arco de medio punto, la rueda hidráulica y el reloj de arena son tres aplicaciones muy simples y muy antiguas de ella a la vida cotidiana. Y otras son aún tan terribles como en la época en que François Villon escribió el poema que encabeza este artículo.

Con la publicación en 1687 de su obra fundamental, los *Principia*, el físico inglés Isaac Newton logró una síntesis extraordinaria: la formulación simultánea de las leyes de la mecánica y de la gravitación universal.



Frontispicio de los *Principia*. En esta obra, Newton desarrolló totalmente la teoría clásica de la gravitación.

La misma teoría fue capaz de explicar fenómenos muy variados que habían atemorizado e intrigado a los hombres desde la prehistoria: la piedra que cae, la luna muda, la ronda de las estaciones. Sin embargo, a pesar de estos éxitos, la naturaleza de la gravitación seguía siendo misteriosa, como lo reconoció el propio Newton en el escolio general de su obra: "No he sido capaz de averiguar la causa de esas propiedades de la gravitación a partir de los fenómenos y no hago hipótesis; pues lo que no se deduce de los fenómenos debe llamarse hipótesis, y las hipótesis... no tienen lugar en la filosofía experimental."

Newton ya disponía de un fenómeno que podría haberlo ayudado a desentrañar la naturaleza de la gravitación: la universalidad de la caída libre. Carecía, sin embargo, de varias nociones indispensables para resolver el problema: la conservación de la energía, la relatividad especial y la de campo. Sólo en el siglo XX, con un aparato con-

ceptual adecuado, el físico suizo Albert Einstein resolvió el problema planteado por Newton dos siglos antes, al anunciar el *principio de equivalencia*. El objetivo de este artículo es discutir de manera sencilla (!) cómo se enuncia este principio fundamental y cómo se ha verificado experimentalmente.

La descripción del movimiento de un cuerpo requiere que comparemos su posición con otros objetos cercanos. En la vida cotidiana, realizamos este proceso de ubicar un objeto refiriéndonos a la corteza terrestre o a otros objetos fijos a la misma, de una manera muy natural. Por ejemplo, diremos que el centro de la mesa en que comemos está colocado a tres metros de la pared norte de la habitación y a dos metros de la pared oeste. De esta manera, hemos dado las *coordenadas* de la mesa respecto del *sistema de referencia* formado por las paredes del comedor (véase la figura 1). No hay ningún inconveniente en fijar la posición de un objeto móvil (tal como un auto) respecto de un sistema de referencia, siempre que lo equipemos con un reloj para especificar el momento en que se hace la observación; y así podremos afirmar, por ejemplo, que el auto pasó por la esquina de las calles 7 y 49 de la ciudad de La Plata a las diez en punto de la noche. Más aún, no hay inconvenientes en utilizar un sistema de referencia móvil, y esto es lo que hacemos al afirmar que faltan cinco kilómetros para llegar al próximo pueblo o que otro automóvil nos sigue a doscientos metros. Por supuesto, en estas últimas afirmaciones se sobreentiende el instante en que se hace la observación.

Para formular las leyes de la mecánica es importante utilizar una clase particular de sistemas de referencia, los sistemas inerciales, que se llaman así porque en ellos se satisface el *principio de inercia*: un cuerpo sobre el que no actúan fuerzas se mueve con velocidad constante respecto de un sistema inercial (en particular, con velocidad cero: permanece en reposo). Las leyes de la mecánica toman una forma muy simple en un sistema inercial, formulada en el *principio de masa*: si sobre un cuerpo actúa una fuerza dada, éste adquiere una aceleración proporcional a la intensidad de la fuerza.

Los sistemas inerciales gozan de otra propiedad importante, que se conoce como *principio de relatividad de Galileo*: las leyes de la mecánica tienen la misma forma matemática cuando se las refiere a distintos sistemas inerciales. Esta propiedad es poco intuitiva a primera vista (véase la figura 2). Por ejemplo, si dejamos caer un envase vacío desde el automóvil (mientras se mueve a velocidad constante) lo veremos caer siguiendo una línea vertical en nuestro sistema de referencia, mientras que un linyera

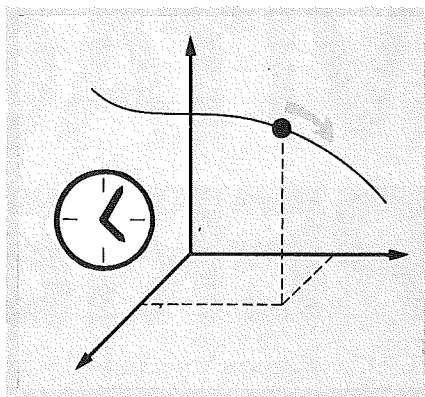


Fig. 1. Sistemas de referencia. Un sistema de referencia consiste en tres ejes de coordenadas perpendiculares que salen del mismo punto, el origen, y que permiten fijar la posición de un cuerpo en el espacio; y también de un reloj para definir el instante en que se hace la observación. La trayectoria de un cuerpo es la secuencia de posiciones que ocupa en instantes sucesivos.

que hace dedo al costado del camino lo verá caer en su sistema de referencia siguiendo una línea curva. Sin embargo, pese a que cantidades como las coordenadas y las velocidades sean distintas para observadores de distintos sistemas inerciales, las fuerzas y las aceleraciones (con las que se formulan las leyes de la mecánica) son iguales para ambos observadores, lo que otorga a éstos un carácter impersonal.

Una consecuencia importante del principio de relatividad de Galileo, enunciada por el físico italiano en sus *Diálogos sobre los máximos sistemas del mundo* (1632), es que no puede determinarse el estado de movimiento de un sistema de referencia por medio de experimentos puramente mecánicos. Imaginemos, por ejemplo, un laboratorio encerrado en un barco que navega por un lago en un día muy sereno. El barco se mo-

verá con mucha suavidad, sin ruidos o cabeceos apreciables, y se comportará como un sistema inercial. Los experimentos *locales*, los que realice un observador en el laboratorio cerrado, no revelarán si el barco está anclado o en movimiento. Para saberlo, el observador tendrá que mirar al exterior, por ejemplo hacia la costa o el agua (véase la figura 3).

Einstein extendió el principio de relatividad de Galileo a todos los fenómenos físicos, como los electromagnéticos y ópticos. Las leyes que describen todos los fenómenos físicos deben tener la misma forma en todos los sistemas inerciales y ser, por lo tanto, impersonales. Nuestro observador tampoco podrá saber si el barco está anclado o en movimiento por medio de experimentos con rayos luminosos o con haces de partículas elementales.

Los sistemas inerciales, sin embargo, son idealizaciones que no se encuentran en la naturaleza. Por ejemplo, para verificar que un sistema de referencia es inercial hay que comprobar que un cuerpo sobre el que no actúan fuerzas se mueve con velocidad constante respecto del mismo... ¡pero es imposible observar un cuerpo aislado! Esta dificultad hace que un sistema inercial sea un objeto fantasmal: una construcción teórica, imposible de realizar. Es tentador imaginar la posibilidad de utilizar sistemas de referencia *no inerciales* (acelerados con respecto a un sistema inercial) pero, lamentablemente, no sólo las leyes de la mecánica son más complicadas en estos sistemas, sino que pierden su carácter impersonal y es fácil distinguir un sistema inercial de otro que no lo es. ¡El observador encerrado en el camarote no tiene necesidad de mirar por el ojo de buey para marearse en un mar picado! (véase la figura 4).

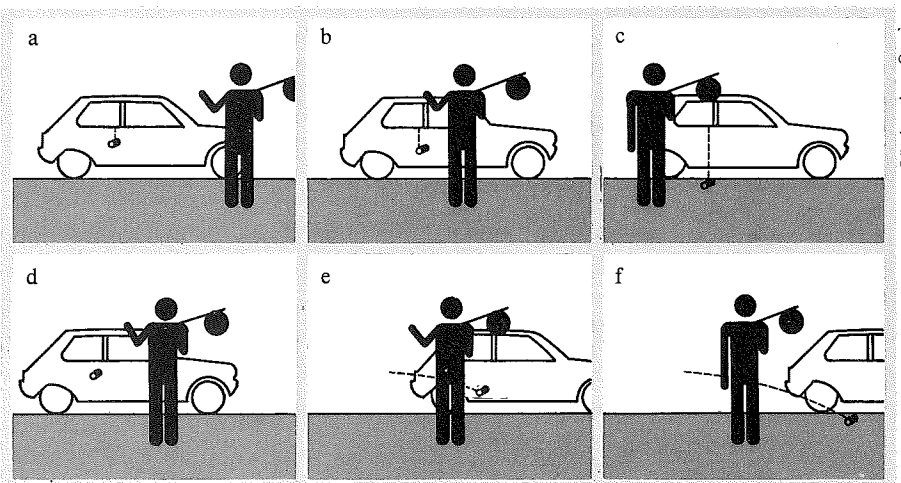


Fig. 2. Relatividad de la trayectoria. La trayectoria de un objeto depende del sistema de referencia utilizado. En la secuencia de dibujos (a, b, c), el automovilista ve caer la lata de cerveza siguiendo una trayectoria rectilínea respecto de su propio sistema de referencia, mientras que el linyera que hace dedo en reposo respecto del camino observa que la lata cae siguiendo una trayectoria parabólica (dibujos d, e, f).

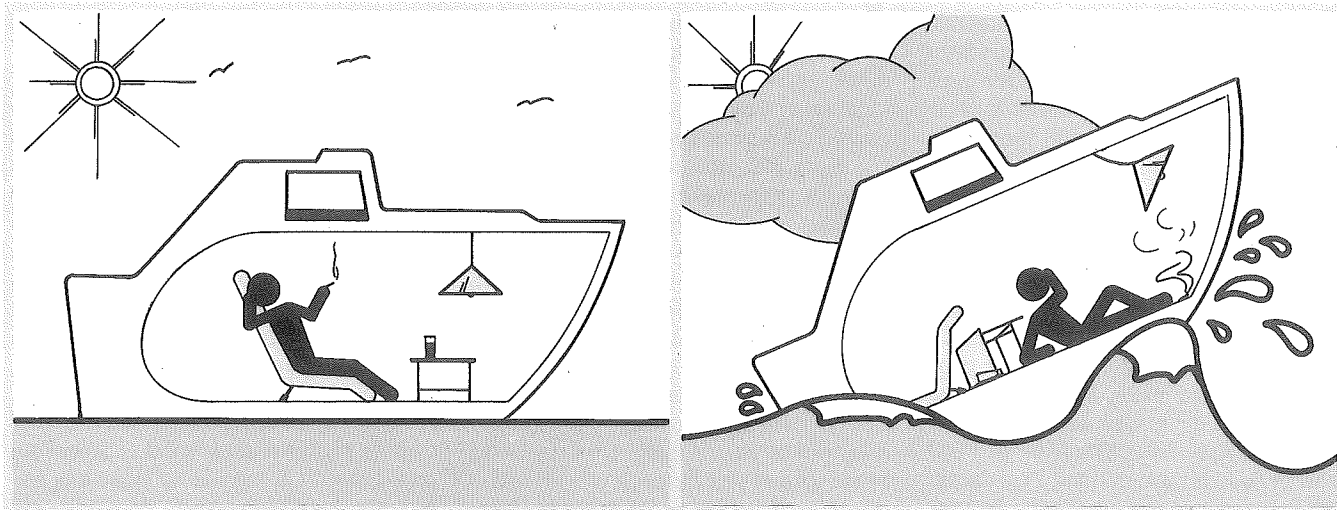


Fig. 3 y 4. **Izquierda.** Principio de relatividad de Galileo. Un observador, como el pasajero del yate, no puede distinguir mediante experimentos locales su estado de movimiento uniforme. En este ejemplo, el observador no puede saber si el barco se mueve respecto de la costa ni observando el movimiento de la lámpara, o del vino en su copa o el humo de su cigarrillo. Para averiguarlo, deberá mirar a través del ojo de buco hacia algún punto de la costa. **Derecha.** Sistemas acelerados. El mismo observador puede determinar su aceleración mediante experimentos locales: la lámpara se mueve, el vino se derrama y él mismo se marea.

Originalmente, Newton concibió a la gravitación como una fuerza que actúa a distancia entre pares de cuerpos, con la particularidad de que dicha fuerza imprime la misma aceleración a diferentes cuerpos independientemente de la estructura y composición química que tengan. Además, la fuerza se ejercería instantáneamente a través del vacío. Sin embargo, esa concepción no lo satisfacía: “Que un cuerpo pueda actuar sobre otro a distancia a través del vacío sin mediación de otra cosa, gracias a la cual la acción y la fuerza pueden transportarse de uno a otro, es para mí tan gran absurdo que creo que nadie que tenga en asuntos filosóficos cierta competencia puede caer en él”.

La otra cosa que mencionaba Newton resultó ser el *campo gravitacional*. Una de las consecuencias más importantes del principio de relatividad de Einstein (la generalización del principio de relatividad de Galileo a todos los fenómenos físicos) es que ningún fenómeno físico puede propagarse con una velocidad mayor que la velocidad de la luz, y las acciones a distancia son, por tanto, imposibles. Hoy en día pensamos que alrededor de cada cuerpo, de cada partícula del universo, se genera un ente físico, el campo gravitacional, que se extiende por todo el espacio. Es el campo gravitacional de una partícula el que actúa sobre otra partícula y genera la fuerza gravitacional sobre ésta. Y así como el campo electromagnético es capaz de transmitir programas de televisión a cualquier distancia, el campo gravitacional debe viajar por el espacio a una velocidad finita (a lo sumo igual a la de la luz) para transmitir la fuerza gravitacional entre dos partículas. La clave de su estructura radica en una propiedad que se cono-

cía desde tiempos antiguos: la *universalidad de la caída libre*.

El estudio de la caída de los cuerpos por Galileo reveló una propiedad muy importante de la gravedad: la universalidad de la caída libre. Galileo observó que bolas de distinta composición química (hierro y madera, por ejemplo) caían (a lo largo de un plano inclinado) con la misma aceleración. Como esto contradecía los principios de la física aristotélica (que mantenía que los cuerpos más pesados caen más rápidamente que los ligeros) se originó una de las muchas polémicas que Galileo debió enfrentar en su vida. La leyenda afirma que Galileo verificó públicamente sus afirmaciones dejando caer desde la punta de la torre de Pisa bolas de hierro y madera, que llegaron al suelo al mismo tiempo ante la confusión de sus adversarios.

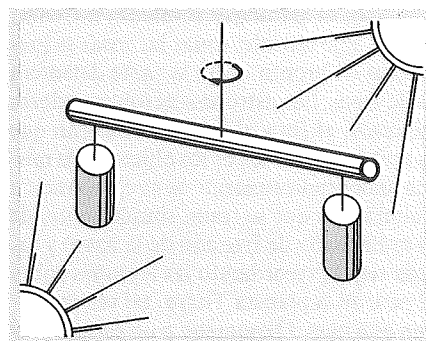


Fig. 5. Esquema del experimento de Eötvös. Pesas de distinto material cuelgan del brazo horizontal de la balanza de torsión y se observa si existe un movimiento de oscilación alrededor del hilo con el período de un día debido a una diferencia de aceleraciones de caída hacia el Sol de distintas sustancias.

Esta propiedad del campo gravitacional puede verificarse experimentalmente con un método muy elegante, ideado por un físico austrohúngaro, el barón Lorand von Eötvös, y perfeccionado posteriormente por el norteamericano R. H. Dicke y el soviético V. B. Braginski. La idea del método es muy sencilla (véase la figura 5). Dos objetos de distinta composición química (en el experimento de Braginski, pesas de aluminio y platino) se sujetan a los extremos de una barra colgada de un hilo. El conjunto constituye un aparato llamado *balanza de torsión*, muy sensible a la acción de fuerzas pequeñas. Ambas pesas están cayendo (junto con la Tierra y el brazo de la balanza) hacia el Sol, pero, debido a la rotación de la Tierra, la balanza estará orientada en diferentes direcciones a distintas horas del día. Si las aceleraciones de caída hacia el Sol del aluminio y el platino fueran diferentes, originarían fuerzas que harían girar el brazo de la balanza de torsión un ángulo muy pequeño, tratando de seguir el movimiento aparente del Sol. Estas fuerzas serían muy pequeñas, tanto que el experimento es muy difícil de realizar (puede demostrarse que el cuerpo del barón von Eötvös originaba fuerzas cientos de veces mayores que las que él buscaba) y requiere el mayor cuidado en su diseño y ejecución. Los resultados muestran que no se detecta ningún efecto dentro de los errores experimentales, y la diferencia de aceleraciones entre dos sustancias diferentes es por lo menos un billón de veces menor que la aceleración de cada una de las pesas (es decir, menor que 10^{-12}).

Una verificación interesante de la universalidad de la caída libre se obtiene con un “experimento fósil” que compara la aceleración de caída de partículas elementales

(neutrones) con la de un sistema altamente complejo, en el que intervienen diferentes clases de partículas y energías. Hace unos 2 000 millones de años, un reactor nuclear natural operó durante 100 000 años en los depósitos de uranio de Oklo, en Gabón (África). El estudio de datos geológicos, químicos y nucleares permitió reconstruir las condiciones de operación del reactor y también estimar las *secciones eficaces de captura de neutrones*. Estas últimas cantidades miden la capacidad para absorber neutrones de una determinada energía que tiene un núcleo determinado. En particular, la sección eficaz del núcleo del elemento samario (^{149}Sm) no ha cambiado en los 2 000 millones de años transcurridos. Pero durante todo ese tiempo el sistema solar ha estado cayendo hacia la concentración de materia más grande en nuestra cercanía: el cúmulo de galaxias de Virgo. Puede demostrarse que si la aceleración de caída de los neutrones libres dentro del reactor fuera diferente de la aceleración de caída del núcleo ^{149}Sm , arrastrado hacia Virgo junto con la Tierra, la sección eficaz habría cambiado mucho más de lo que detectan las observaciones experimentales.

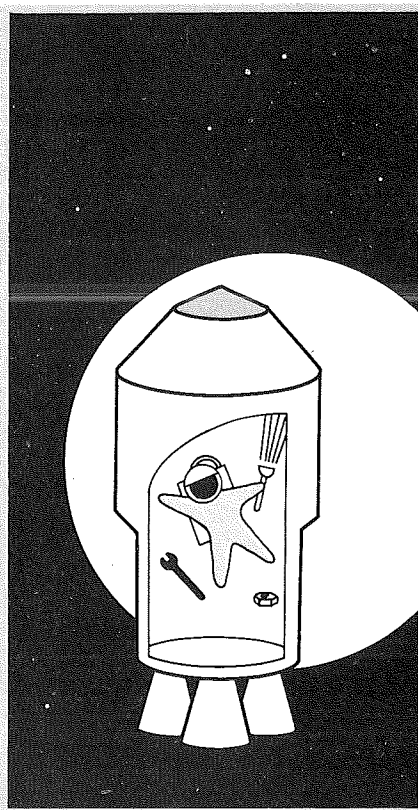


Fig. 6. Sistemas de referencia en caída libre. Ningún experimento mecánico local puede distinguir un sistema en caída libre de un sistema inercial. El astronauta y sus herramientas flotan en la astronave (pues todos caen hacia la Tierra con la misma aceleración) y el haz de luz que emite la linterna es rectilíneo.

Las consecuencias de la universalidad de la caída libre son sorprendentes y podemos ejemplificarlas con lo que le ocurre a un astronauta en un satélite artificial. Todos hemos oído hablar del estado de “ingravidez” que tiene que soportar durante los viajes espaciales, y que lo obliga a utilizar zapatos magnéticos y a comer a través de tubos. Esto sucede no porque el astronauta carezca de peso sino porque tanto el astronauta como la astronave caen hacia la Tierra con la misma aceleración (véase la figura 6). Si el astronauta salta dentro de la cápsula espacial, por ejemplo, su aceleración respecto del sistema de referencia formado por las paredes será cero y se moverá en ese sistema de referencia con velocidad constante. También podrá dejar un objeto como una linterna flotando en el aire, pues la linterna caerá hacia la Tierra con la misma aceleración que el astronauta y el satélite. Si comparamos estos fenómenos con la descripción que dimos antes de un sistema inercial, veremos que un sistema de referencia en caída libre se comporta como un sistema inercial en miniatura: localmente (es decir, dentro de la astronave) los cuerpos sobre los que no actúen fuerzas (incluido el astronauta) se moverán con velocidad constante respecto de este sistema de referencia.

Pero aún hay más: supongamos que nuestros astronautas realicen un largo viaje interestelar y que hayan vivido durante muchas generaciones en la astronave, como sucede en el cuento ‘Generaciones’, de Clifford D. Simak, publicado por primera vez en castellano por la revista argentina de ciencia ficción *Más Allá*, vol. 3, n° 28, septiembre de 1955. La noción de peso sólo se recordará como una leyenda de la Tierra. Para estos astronautas será natural flotar de un compartimento al otro (ayudándose con cuerdas o con chorros de aire comprimido), tomar sus alimentos a través de tubos y utilizar un sistema de cultivo que no requiera el riego. Cuando, al acercarse a su objetivo, la astronave comienza a frenar, ocurre algo terrible; todas las cosas se precipitan de pronto hacia la parte delantera de la nave. Los astronautas (observadores expertos, al fin y al cabo) verificarán que la aceleración de todos los objetos es la misma, independientemente de su composición química (ya que se trata, simplemente, de la aceleración de frenado de la nave) y los más viejos, recordando las leyendas sobre el peso en el planeta Tierra, tal vez atribuyan este nuevo fenómeno a un campo gravitacional presente en la astronave. Será inútil que un grupo de jóvenes rebeldes insista en que sólo se trata de una aceleración de frenado, pues ningún experimento mecánico (un experimento que consista en comparar la aceleración de dos cuerpos) podrá distinguir entre un sistema de referencia acele-

rado y un sistema de referencia en reposo en un campo gravitacional.

Einstein generalizó las ideas anteriores para hacerlas aplicables a todos los fenómenos físicos y no sólo a los mecánicos. Para comprender el alcance de esta generalización, retomemos el ejemplo anterior e imaginemos que en la astronave que llega a su destino los ancianos y los jóvenes se ponen de acuerdo para distinguir si están en un campo gravitacional o en un sistema de referencia acelerado mediante la realización de un experimento óptico. El jefe del consejo de ancianos que gobierna la astronave podría resumir así el experimento propuesto: “Un rayo de luz sigue una trayectoria rectilínea respecto de un sistema inercial. En cambio, respecto de un sistema de referencia acelerado su trayectoria será una curva. Supongamos, por ejemplo, que emitimos un rayo de luz paralelamente al piso de la cabina de mando de la astronave. Si se trata de un movimiento acelerado, la astronave se moverá con velocidad cada vez mayor respecto de un sistema inercial. Si colocamos una pila de placas fotográficas (o una red de detectores fotoeléctricos) sepa-

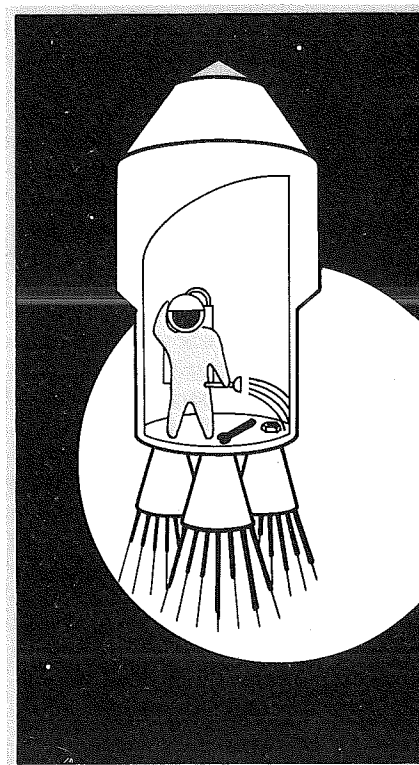


Fig. 7. Sistemas de referencia acelerados. Ningún experimento local (en este ejemplo, un experimento con luz) puede distinguir un sistema de referencia en reposo en un campo gravitacional de un sistema de referencia acelerado. El astronauta y sus herramientas caen hacia el piso de la nave con aceleración constante y la luz se curva en un campo gravitacional de la misma manera que en un sistema acelerado.

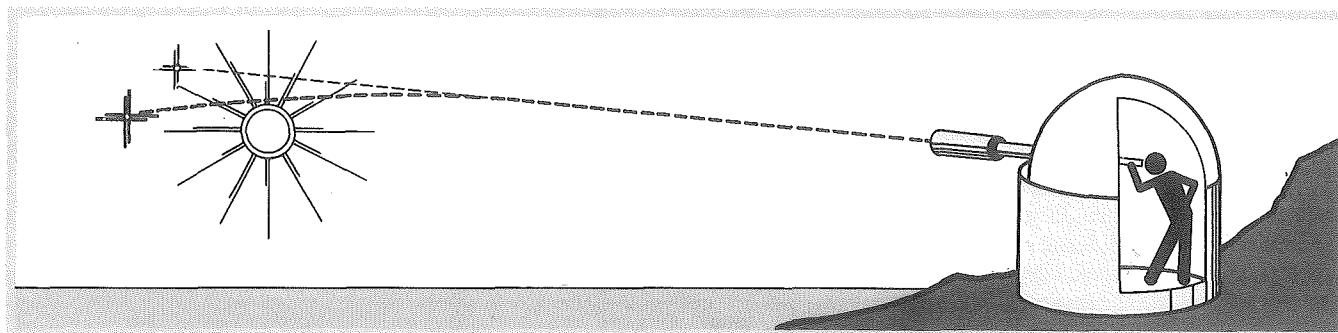


Fig. 8. Deflexión de la luz. Debido a que la luz cae en un campo gravitacional, un observador situado en la Tierra verá las estrellas en posiciones aparentes (las que se obtienen prolongando como líneas rectas los rayos de luz que llegan al ojo, indicadas con líneas de puntos en la figura) ligeramente alejadas del centro de la imagen del Sol.

rados por distancias iguales, veremos que el rayo golpea a la primera placa un poco más abajo que la lámpara. Si la astronave se mueve con aceleración constante, golpeará la segunda placa cuatro veces más abajo, la tercera nueve veces más abajo y así sucesivamente. En cambio, en un campo gravitacional, la trayectoria del rayo parecerá rectilínea (véase la figura 7)".

Pero alguno de los viajeros, un aguafiestas escéptico y creativo, podría contestar: "¿Y qué ocurre si la luz también cae en un campo gravitacional con la misma aceleración? En ese caso ningún experimento, ya sea mecánico, óptico o nuclear podrá distinguir entre un sistema acelerado y un campo gravitacional".

Pues bien, ése es exactamente el enunciado del *principio de equivalencia de Einstein*: un sistema de referencia sumergido en un campo gravitacional se comporta (localmente) exactamente como un sistema de referencia acelerado y ningún tipo de experimento físico local puede distinguir entre ambos. De la misma manera, un sistema de referencia en caída libre se comporta como un sistema inercial local y ningún experimento físico local puede distinguir entre ambos. La audacia de la generalización de Einstein

se aprecia mejor si observamos que afirma que cosas que no se pueden tocar ni pesar (tales como las ondas luminosas o de radio) caen con la misma aceleración que las bolas de Galileo.

¿Cómo se puede verificar que la luz cae como cualquier otro cuerpo? La luz se mueve a tal velocidad que para detectar una desviación de la línea recta es necesario tener un campo gravitacional muy intenso. Por eso se examina qué ocurre con la luz emitida por estrellas cuando pasa cerca del Sol: la luz cae, los rayos se curvan y las estrellas parecen alejarse del centro del Sol (véase la figura 8). La caída de la luz puede observarse fotografiando la posición de estrellas durante un eclipse total de Sol y comparando su posición con fotografías tomadas de noche algunos meses después. El efecto esperado es pequeño, pero sería fácilmente mensurable con las técnicas astronómicas clásicas si no fuera porque los eclipses totales tienen la mala costumbre de ocurrir en el medio del desierto o de la selva. Allí, el astrónomo debe trasladarse con todos sus instrumentos (que sufren serias alteraciones durante el viaje, por acción del clima y por el calentamiento solar en momentos previos al eclipse) y tal vez a último momento

¡el cielo se nubla! Pese a todo, el efecto ha sido observado en experimentos de este tipo, con un acuerdo razonable entre teoría y experiencia. En los últimos años, también se ha observado la deflexión de ondas de radio provenientes de radiofuentes lejanas, lo que permitió mejorar enormemente la precisión de la medida. Un análisis de todos los datos experimentales muestra un excelente acuerdo entre las predicciones de la relatividad general y la experiencia, confirmando la validez del principio de equivalencia de Einstein.

Uno de los fenómenos más importantes que se producen en un campo gravitacional es que los relojes sumergidos en él atrasan con respecto a otros relojes colocados en un sistema inercial. Este fenómeno se conoce como el *corrimiento al rojo gravitacional*. Para comprender su origen, examinaremos otro ejemplo sencillo de sistema acelerado: una plataforma en rotación semejante a una calesita (véase la figura 9). En este caso, para el observador interno la aceleración centrífuga es equivalente a un campo gravitacional: todos los objetos "caen" con la misma aceleración hacia la periferia de la calesita y ya sabemos que ningún experimento local (mecánico, electromagnético o nuclear) será capaz de distinguir la fuerza centrífuga de una gravitacional en una porción pequeña de la calesita. Incluso será indistinguible del campo gravitacional producido por un anillo de materia que rodee la calesita a gran distancia de la misma.

Ahora coloquemos tres relojes en el sistema: uno en el centro de la calesita, otro en el borde y un tercero fuera de la calesita, en reposo respecto de un sistema inercial. Entonces, los relojes primero y tercero (el del centro y el inercial) marcharán al mismo ritmo, pues la velocidad y la aceleración centrífuga se anulan en el centro de la calesita. Pero las cosas serán distintas para el reloj colocado en la periferia y sometido a la fuerza centrífuga. Para simplificar el análisis, imaginemos que se trata de un "reloj

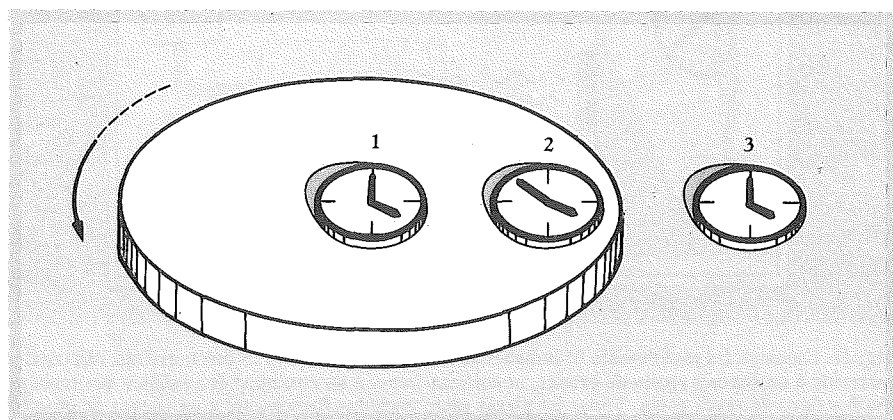


Fig. 9. Corrimiento al rojo en sistemas acelerados. En el sistema mostrado en la figura, el reloj 1 (que está en reposo respecto del sistema inercial) se mantiene sincronizado con el reloj 3 (que no sufre aceleraciones) mientras que el reloj 2, en la periferia de la calesita y sometido a la aceleración centrífuga, atrasa con respecto a los otros.

de luz" (véase la figura 10). Este consiste en una linterna que dispara un destello luminoso hacia un espejo situado a una distancia d , y de una célula fotoeléctrica ubicada junto a la linterna. Un circuito electrónico ultrarrápido registra la llegada del destello en un contador y simultáneamente dispara un segundo destello. El reloj late con un período igual a $2d/c$ (donde c es la velocidad de la luz) en un sistema de referencia respecto del cual esté en reposo (sistema de referencia *propio*); pero la figura muestra que el período será mayor medido desde otro sistema de referencia respecto del cual se mueve con una velocidad no nula. En efecto: la trayectoria del destello es una línea en zig-zag en el sistema de referencia móvil, cuya longitud es mayor que d , pero la velocidad de la luz, c , es la misma en todos los sistemas de referencia (uno de los postulados fundamentales de la física relativista) y por lo tanto el tiempo de viaje desde la linterna al espejo y vuelta es mayor que en el sistema de referencia propio. Así, pues, el reloj colocado en la periferia latirá más lentamente que el reloj colocado en el centro (o en un sistema inercial) y atrasará respecto de éste.

Apliquemos ahora el principio de equivalencia al sistema anteriormente descrito. Un reloj colocado en un campo gravitacional debe atrasar respecto de otro situado en un sistema inercial. Más aún: la intensidad de la fuerza centrífuga aumenta al alejarnos del centro de la calesita y relojes situados a diferentes distancias del centro atrasarán en distintas proporciones. Lo mismo ocurrirá con dos relojes situados en puntos distintos de un campo gravitacional. El análisis anterior no está limitado a un "reloj de luz": es válido para todo tipo de intervalos temporales, incluyendo los períodos de vibración de átomos y moléculas y por consiguiente a las frecuencias de las líneas espectrales emitidas por éstos. También se retardan en un campo gravitacional las reacciones nucleares (los átomos radiactivos tienen vidas medias más largas), químicas y biológicas. Así, dos mellizos que trabajan a distintas alturas sobre el nivel del mar envejecerán a ritmos levemente diferentes. La diferencia es muy pequeña: al cabo de un año, el mellizo que trabaja en La Quiaca (a 3 000 metros de altura sobre el nivel del mar) habrá envejecido una milonésima de segundo más que su hermano que trabaja en La Plata.

Por supuesto que diferencias tan pequeñas no pueden observarse en sistemas biológicos, aunque sí es posible hacerlo usando sistemas atómicos y nucleares. Una confirmación muy directa del corrimiento al rojo gravitacional se obtuvo comparando la frecuencia de un rayo gama emitido en la punta de la torre del Jefferson Physical

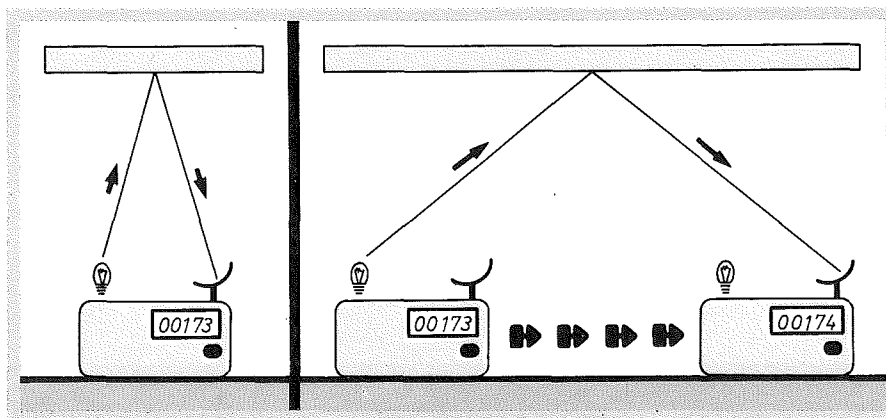


Fig. 10. Reloj de luz. El comportamiento de este reloj simplificado depende de la relatividad de la trayectoria. Un observador en reposo respecto del reloj lo verá latir con un período igual al tiempo de vuelo de la luz entre la lámpara y el detector reflejándose en el espejo por un camino casi normal al mismo, mientras que un observador en movimiento con respecto al reloj lo verá latir en un tiempo mayor: el tiempo de vuelo siguiendo la trayectoria oblicua que describe la luz en su sistema de referencia.

Laboratory in Harvard, con otro emitido en la base usando el llamado efecto Mössbauer, que luego comentaremos. El resultado del experimento está en excelente acuerdo con la teoría. En otro experimento, un reloj atómico (máser de hidrógeno) fue lanzado en un cohete a una altura de 10 000 km y su frecuencia comparada con la de un reloj similar ubicado en tierra. Un análisis de datos muy sofisticado permitió verificar el principio de equivalencia con una precisión magnífica: una parte en 10 000 (10^{-4}).

Otra consecuencia importante que puede verificarse es la universalidad del corrimiento al rojo gravitacional: su independencia de la estructura y composición del reloj. La universalidad del corrimiento al rojo juega en la teoría un papel análogo al de la universalidad de la caída libre: garantiza la imposibilidad de distinguir entre un sistema acelerado y un campo gravitacional haciendo experimentos locales con relojes. Una manera muy directa

de verificarla es comparar la marcha de dos relojes atómicos diferentes. Ahora bien, la Tierra cae libremente en el campo gravitacional solar, cuya intensidad, debido a la excentricidad de la órbita, varía ligeramente durante el año. La validez del principio de equivalencia asegura que todos los efectos de esta variación son inobservables. Por el contrario, una violación del principio de equivalencia se manifestará en una variación diferencial de la marcha de dos relojes de estructura y composición diferentes.

Esto se hizo por primera vez en abril de 1978 en la Universidad de Stanford, EE.UU., donde se comparó durante un período de diez días la marcha de relojes de hidrógeno y de relojes llamados "de cavidad superconductora estabilizada". El análisis de los datos no reveló ninguna variación relativa dentro de la precisión del experimento realizado.

Una verificación mucho más precisa de la universalidad del corrimiento al rojo se obtuvo durante un experimento llevado a

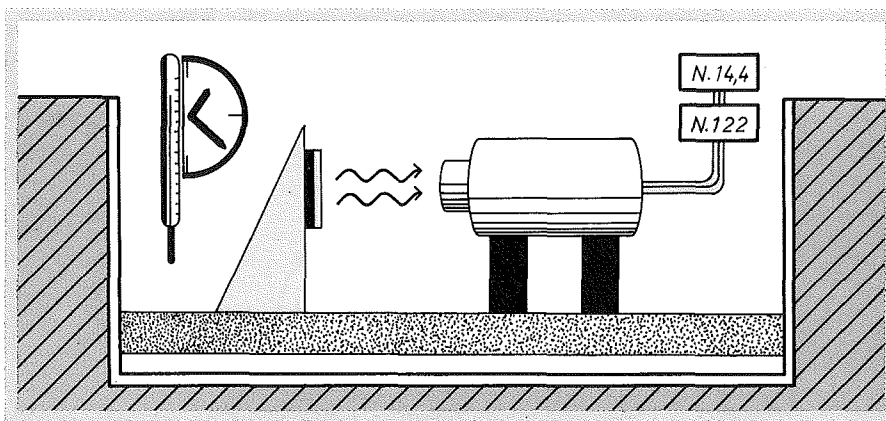
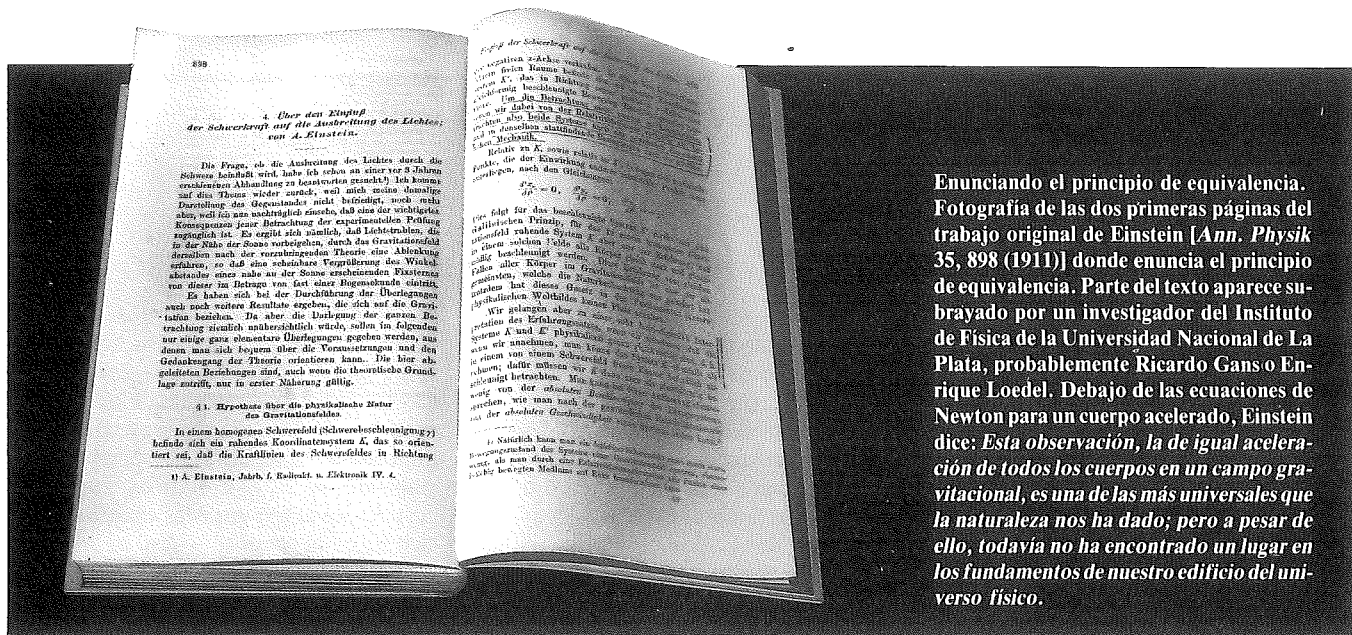


Fig. 11. Esquema del experimento Mössbauer de corrimiento al rojo. Las dos muestras, sujetas firmemente a un soporte rígido de bronce, se colocan frente a un contador de centelleo que registra los dos tipos de rayos gama. Todas las piezas están ancladas firmemente a un bloque de granito colocado sobre una cama de fieltro en un nicho de una pared de 50 centímetros de espesor para eliminar las vibraciones perjudiciales. En cada sesión de medición (de aproximadamente un día de duración) se registraron el número de rayos γ (de ambas energías indicadas), la hora y la temperatura al comienzo y al final de la sesión (estas últimas con el objeto de aplicar distintas correcciones). Los resultados no mostraron ninguna variación apreciable, en acuerdo con el principio de equivalencia.



Enunciando el principio de equivalencia. Fotografía de las dos primeras páginas del trabajo original de Einstein [Ann. Physik 35, 898 (1911)] donde enuncia el principio de equivalencia. Parte del texto aparece subrayado por un investigador del Instituto de Física de la Universidad Nacional de La Plata, probablemente Ricardo Ganso o Enrique Loedel. Debajo de las ecuaciones de Newton para un cuerpo acelerado, Einstein dice: *Esta observación, la de igual aceleración de todos los cuerpos en un campo gravitacional, es una de las más universales que la naturaleza nos ha dado; pero a pesar de ello, todavía no ha encontrado un lugar en los fundamentos de nuestro edificio del universo físico.*

cabo en el Departamento de Física de la Universidad de La Plata, donde se comparó la frecuencia de los rayos gama emitidos por el hierro (^{57}Fe) en diferentes entornos químicos usando el efecto Mössbauer. Esto es posible debido a la gran sensibilidad del sistema a la composición química.

El efecto Mössbauer consiste en la *emisión y absorción resonante del rayo gama*: cuando se produce este fenómeno, el rayo gama no es emitido o absorbido sólo por un núcleo atómico aislado, sino que toda la muestra (formada por trillones de átomos) participa en el proceso. El efecto Mössbauer resulta, pues, muy sensible a la composición química de la muestra y, en principio, muy sensible a una diferencia de corrimiento al rojo entre dos muestras de distinta composición química.

En este experimento los rayos gama producidos por la desintegración de una solución sólida de cobalto (^{57}Co) en rodio (Rh) fueron absorbidos por una lámina de acero inoxidable (una aleación de hierro y níquel). El ^{57}Co se desintegra primero a ^{57}Fe y éste emite sucesivamente dos rayos gama de energías características: 14,4 keV y 122 keV. Sólo el primero sufre el proceso de emisión y absorción resonante; por lo tanto el rayo gama de 122 keV no es sensible a la diferencia de composición química de ambas muestras y puede utilizarse como patrón de comparación (véase la figura 11).

La experiencia consistió en medir durante diez meses (entre noviembre de 1986 y agosto de 1987) los números de rayos gama de ambas energías, junto con otros datos necesarios para eliminar errores sistemáticos. Se tomaron todas las precauciones para mantener la estabilidad del equipo y, pese a los frecuentes cortes de luz (que provocaron variaciones de temperatura muy nocivas para la medición) y a la existencia de actividades de albañilería en las inmedia-

ciones (que generaban vibraciones perjudiciales) el experimento pudo llevarse a cabo con una estabilidad razonable (como lo demuestra el valor obtenido para la vida media del ^{57}Co). Debido a la gran sensibilidad del efecto Mössbauer a pequeños cambios de frecuencia y a la gran amplitud de la variación del campo gravitacional del Sol durante el período de diez meses de medición, estos resultados tienen una precisión mucho mayor que la de los obtenidos en experimentos anteriores: el corrimiento al rojo de ambas muestras difiere en menos de cuatro partes en cien mil. Este es el experimento más preciso de verificación del principio de equivalencia a través del corrimiento al rojo que se haya llevado a cabo.

La verificación experimental del principio de equivalencia que hemos analizado en este trabajo nos muestra el carácter universal de la interacción de la gravitación con la materia: todos los cuerpos (y "objetos" mucho más abstractos, como el campo electromagnético, que difícilmente llamaríamos *cuerpos*) caen en el campo gravitacional con la misma aceleración. Un momento de reflexión nos muestra que esta propiedad de universalidad está conectada con propiedades muy profundas del espacio y el tiempo. Fueron consideraciones como las presentes (que no podemos profundizar en este lugar) las que condujeron a Einstein a formular su teoría del campo gravitacional, la relatividad general, como una teoría *geométrica*: la presencia de un campo gravitacional altera la geometría del espacio y el tiempo, y el movimiento de un cuerpo en el campo gravitacional es análogo al de un cuerpo libre de fuerzas, pero en un *espacio curvo*. Todos los cuerpos caen con la misma aceleración porque siguen la "trayectoria más económica" (geodésica) entre dos puntos de un espacio curvo, y las

fuerzas gravitacionales son las fuerzas inerciales originadas por los cambios en la velocidad inducidos por la extraña geometría del espacio y el tiempo.

Pese a su carácter abstracto, esta formulación de la gravitación como un fenómeno geométrico es sumamente bella y económica: además de eliminar entidades fantasmales como los sistemas inerciales, la relatividad general es capaz de explicar todos los fenómenos clásicos (movimientos planetarios, mareas, eclipses) y predecir efectos nuevos, como los que hemos mencionado. No es de extrañar que el examen tanto teórico como experimental de los fundamentos de una teoría tan hermosa (la más bella de todas las teorías de la física, según el gran físico ruso L. D. Landau) siga siendo un área activa y fascinante de investigación. (C)



LECTURAS SUGERIDAS

- EINSTEIN, A. e INFELD, L. (1950), *La física, aventura del pensamiento*, Losada, Buenos Aires.
- GAMOW, G. (1966), *Gravedad*, Eudeba, Buenos Aires.
- HORVATH, J. y VUCETICH, H. (1988), "Oklo Phenomenon and the Principle of Equivalence", *Physical Review*, D37, 931.
- RIVEROS, C. y VUCETICH, H. (1986), "Bounds on the validity of Newton's gravitational law from electromagnetic solar deflection", *Physical Review*, D34, 321.
- VUCETICH, H., MERCADER, R.C., LOZANO, G., MINDLIN, G., LOPEZ GARCIA, A.R., y DESIMONI, J. (1988), "Mössbauer null redshift experiment", *Physical Review*, D38, 2339.
- WILL, C.M. (1981), *Theory and Experiment in Gravitational Physics*, U.P. Cambridge, Cambridge.
- WILL, C.M. (1984), "The confrontation between General Relativity and Experiment: an update", *Physics Reports*, 113, 347.

El legado de Ameghino

Este año es propicio para convocar la reflexión de nuestra comunidad científica sobre quien fuera la primera gran figura de la ciencia argentina y quizá la que alcanzó mayor trascendencia internacional. En efecto, se cumple un siglo de la aparición del *opus magnum* de Florentino Ameghino, su monumental *Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina*, publicada en 1889 en las Actas de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba en un grueso volumen in folio de 1028 páginas y un atlas. El trabajo mereció el premio de medalla de oro en la Exposición Universal de París que tuvo lugar ese mismo año, sin duda el primer reconocimiento internacional importante a una labor científica realizada enteramente en nuestro país por un investigador argentino.

En dicha obra, de impresionante volumen, Ameghino, nacido en 1853 y que comenzó a publicar sus trabajos en 1875, dio a conocer los resultados de sus primeros 15 años de labor. Tenía entonces 36 años y ya había publicado 52 títulos, que comprendían decenas de artículos científicos y cuatro libros. Entre ellos se cuenta *Filogenia, principios de clasificación transformista basada sobre leyes matemáticas y proporciones matemáticas*, una obra teórica en la que desarrolla su concepción evolucionista, de neto corte lamarckiano, y propicia, con intuición precursora, la fundación de una taxonomía zoológica de fundamentos matemáticos. El libro, coetáneo a *The origin of the fittest* de su colega norteamericano Edward Cope, lo colocó entre las pocas figuras teóricas mundiales del enfoque paleontológico de la biología evolutiva. Razón había tenido Domingo Faustino Sarmiento para referirse a Florentino Ameghino como “ese paisano de Mercedes que aquí nadie conoce, pero que es admirado por los sabios del mundo entero”.

Con su *Contribución* había consolidado también su prestigio científico en el país, negado reiteradamente por Germán Burmeister: éste nunca pudo aceptar que un autodidacta pueblerino tuviese talla científica. Sin duda esa obra de descripción e interpretación de centenas de especies de mamíferos extinguidos (en lo fundamental del Cuaternario y el Plioceno de nuestra región pampeana, que atestiguaban la originalidad de la historia de la vida en nuestro territorio) hubiese bastado para colocar a Ameghino

entre los primeros paleontólogos del mundo en su época.

Pero, en rigor, lo que sería la contribución más imperecedera y de mayor trascendencia internacional de la obra de Ameghino, apenas había comenzado. En 1887 se inician las famosas expediciones anuales de su hermano Carlos a la Patagonia, que se continuarían hasta 1903 y que permitieron descubrir la historia y la evolución de las sucesivas faunas de mamíferos de América del Sur. En una singular colaboración fraterna, año a año Carlos enviaba a su hermano Florentino documentación minuciosa de las sucesivas faunas extinguidas que la naturaleza había preservado en las secuencias de estratos cineríticos de Chubut, Santa Cruz, Neuquén y Río Negro. Desde la trastienda de su comercio de librería, Ameghino fue realizando el estudio sistemático de esos cientos de fósiles, que interpretaba en audaces teorías evolucionistas. Decenas

de monografías y de voluminosos libros dieron a conocer al mundo una de las documentaciones más minuciosas de la evolución biológica. Grupos enteros de mamíferos totalmente desconocidos, que ejemplificaban singulares procesos evolutivos, fueron incorporados al acervo de los conocimientos científicos en pocos años. Esa empresa fue calificada por George Gaylord Simpson, cofundador de la “teoría sintética de la evolución”, como “uno de los más notables logros en la historia de la ciencia”.

Lo singular de esta hazaña es que fue realizada por la labor de sólo dos personas, que durante la mayor parte de la empresa no pertenecían a institución científica alguna y que financiaban sus expediciones con las ganancias de una modesta librería. Sólo a partir de 1903, cuando ya su obra estaba prácticamente completada, Florentino Ameghino recibió la primera designación duradera del Estado, que le permitiría vivir

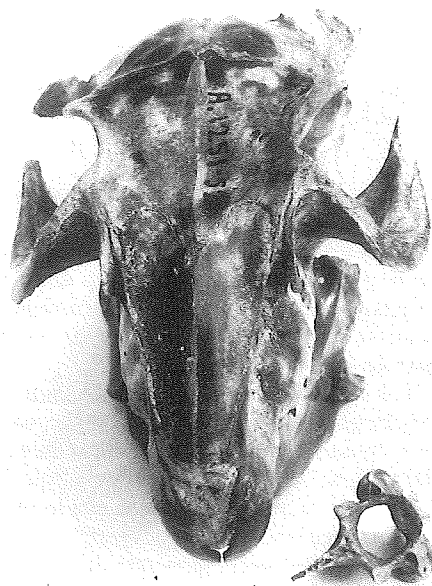


Una imagen poco conocida de Ameghino.

Significación del fósil

Para Ameghino, el fósil era, como lo fue también para su discípulo Lucas Kraglievich, y como lo había sido para Darwin, Owen, Cope, Osborn, Gaudry y muchos otros, un objeto de conocimiento trascendente. Tenía el carácter de testimonio de la historia de la vida y del origen natural de nuestra especie, de hecho confirmador de teorías sobre la evolución, de evidencia que se enarbola en los debates sobre ideas. El fósil tiene una larga historia de móvil inspirador en la aventura del hombre por conocer y entender el mundo. Arma antimetafísica y antidogmática para Lamarck y Darwin, documento de revoluciones del globo de origen divino para Cuvier, inexplicable “*lusus naturae*” para los menos audaces, el fósil logró también inspirar estupendas fantasías científicas, como *La guerra de las salamandras* de Czapek.

Pero existe otro aspecto utilitario de la función del fósil que lo aleja de esa vinculación con la imaginación creadora. Para el geólogo, el fósil vuelve a afianzarse en la piedra que lo alberga y se pone a su servicio. Se transforma en un indicador de los hitos del tiempo geológico,



El fósil como objeto de conocimiento.

en instrumento de correlaciones entre sedimentos, en los que está incluido más como dato cronológico que como testimonio de la vida pretérita. El fósil se transforma así también en un servidor de los intereses inmediatos del buscador de petróleo, de los mineros que van tras las vetas que afianzan las riquezas de las naciones, de guía para dar con rocas pre-

ñadas de la energía de los átomos. Esta función instrumental del fósil no lo despoja necesariamente de su anterior trascendencia. Sólo que ella queda postergada ante las urgencias de la bioestratigrafía y de la geología económica favoreciendo el desarrollo de una paleontología subordinada al relevamiento geológico. En este sentido, la paleontología se transforma en una técnica fecunda, y a veces insustituible, para identificar estratos, más que en una ciencia que busca las causas y las leyes de la historia de la vida.

El fósil como vehículo de conocimiento puro queda relegado así al fósil como aliado eficaz de una ciencia útil. Para rescatar su original trascendencia teórica, y ser fiel al legado ameghiniano, la paleontología argentina debe reasumir su esencial naturaleza biológica. Sin dejar de mantener sus vínculos instrumentales con la geología, debe modificar su dependencia de las ciencias de la tierra para sumarse al movimiento renovador de la paleobiología, que en los últimos quince años ha reinstalado todos sus fueros entre las ciencias de la vida.

hasta su muerte, en 1911, con los beneficios de un salario estable y con la satisfacción de suceder a Burmeister, luego del interregno de Berg, en la dirección del Museo Nacional de Historia Natural.

La vida y la obra de Florentino Ameghino han sido ejemplares en muchos sentidos y su difusión no puede menos que ser benéfica para nuestra cultura científica. Sin embargo, debe reconocerse que los sectores dirigentes de nuestra comunidad parecen haber echado un manto de olvido sobre nuestro primer gran sabio. El reconocimiento y el culto a la contribución de grandes figuras posteriores de nuestra ciencia, como lo fueron Bernardo Houssay y Luis Leloir, ha ido excluyendo de nuestra memoria colectiva la significación y la actualidad del legado ameghiniano. Quizás ello haya obedecido a un cambio de paradigma en el modelo de ciencia que se fomenta en Argentina.

El desarrollo de nuestra ciencia requiere, empero, que no nos atrincheremos en modelos excluyentes. El legado ameghiniano

pertenece a una modalidad del ejercicio de la ciencia en nuestro país cuya vigencia no puede ser cuestionada: el estudio científico de nuestra propia naturaleza, el afianzamiento y la actualización de las instituciones dedicadas al estudio de la porción del planeta y de la biosfera en la que vivimos; la permanente preocupación por la teoría y la interpretación sobre la descripción y el inventario; la indagación de los propios fundamentos de la cosmovisión de la ciencia. Y también el compromiso social con el progreso de la nación.

Sobre todo ello, el legado de Ameghino tiene una actualidad conmovedora, como lo han señalado sus biógrafos y los exégetas de su obra. El autor de esta nota se ha preocupado en oportunidades anteriores por destacar la actualidad de ese legado para la paleontología argentina que, con pocas y honrosas excepciones, sigue acusando signos de un empirismo preeminentemente descriptivo alejado considerablemente de la herencia de Ameghino. Pues él fue, ante todo, “un creador de ideas, un gestor de teorías, un innovador en el terreno de pen-

samiento científico y un valiente defensor de sus creencias”.

También quiso destacar en esas mismas oportunidades la trascendencia filosófica del pensamiento ameghiniano: “Y con la autoridad que le otorgaba la amplitud de su aportación en el terreno de los datos empíricos, no se limitó a la exploración de las teorías científicas inmediatamente vinculadas con sus datos: abarcó fronteras más amplias, incorporando sus teorías a contextos más generales de indagación, y desarrollando la vinculación que tenían sus descubrimientos con las concepciones filosóficas de su época”. Y aunque su valiente profesión de fe positivista, *Mi credo: la concepción del universo según un filósofo científico*, fuese publicada en 1907, sus primeros ensayos de este carácter datan de 1899. No es arriesgado, por tanto, afirmar que Ameghino fue el primer filósofo explícito de la ciencia que diciera al mundo América Latina.

Osvaldo A. Reig

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires

La década del endotelio

Prácticamente desde que William Harvey describiera en el siglo XVII la circulación de la sangre, los fisiólogos reconocieron que al revestimiento de los vasos sanguíneos cabe gran parte de la responsabilidad de mantenerla en estado líquido. Ese revestimiento, el endotelio, está formado por células aplanadas que se ubican unas junto a otras y que, a modo de un embañosado, tapizan el espacio interior de los vasos y constituyen el único y monótono panorama que "ve" la sangre en su carrera por el interior del organismo.

Hasta hace poco tiempo, las funciones más importantes que se asignaban a las delgadas y poco conspicuas células endoteliales eran la capacidad de repeler la sangre, evitando su adhesión a la pared vascular y, por lo tanto, su coagulación, y la de controlar la difusión de nutrientes y elementos de desecho. Sin embargo, la actual será sin duda recordada como "la década del endotelio". Deberíamos haber supuesto el papel central que hoy le reconocemos pues las células que lo forman tienen capacidad de

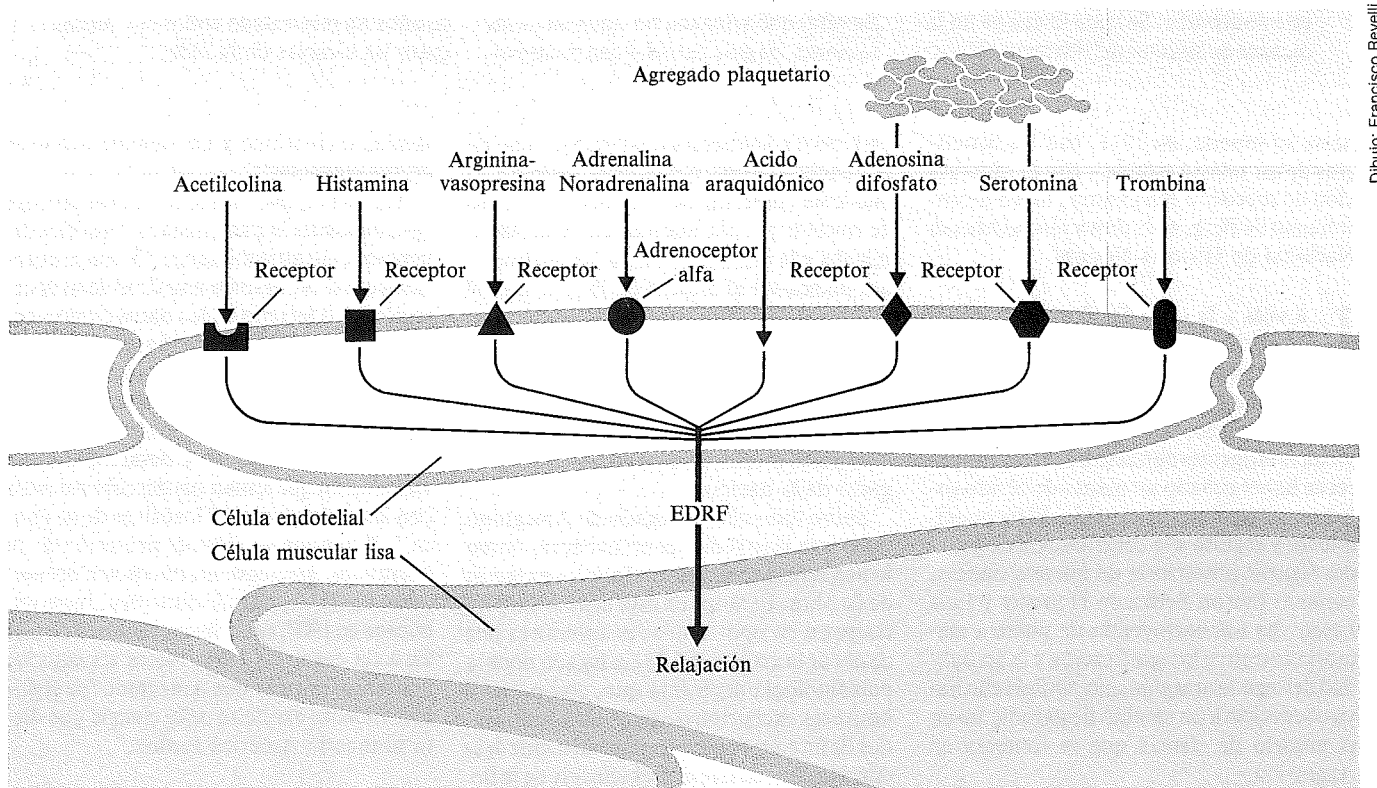
fagocitosis, es decir, de incorporar y digerir sustancias extrañas. En el caso de la pared vascular, estos macrófagos productores de potentes hormonas y dotados de numerosos receptores, ponen de manifiesto su carácter dinámico al desplegarse para cubrir esa superficie.

Los hallazgos experimentales acumulados durante los últimos 15 años han hecho que, en estos momentos, la célula endotelial sea considerada como una célula "pluripotente" ya que se le atribuye una larga lista de funciones. Se sabe, por ejemplo, que sintetiza proteínas componentes del tejido conectivo, sustancias anticoagulantes y otras que destruyen los coágulos (como el activador de plasminógeno tisular), factores de crecimiento, derivados de las prostaglandinas (fundamentalmente prostaciclina), y que fija además distintas lipoproteínas circulantes. Asimismo activa sustancias vasoconstrictoras inactivas (la angiotensina I) y destruye productos que regulan el calibre de los vasos, como las catecolaminas y la serotonina. Vale decir, que las células endotelia-

les desempeñan un papel central en las interacciones que se producen localmente con los distintos mensajeros transportados por la sangre, lo que convierte al endotelio en un órgano con una gran actividad metabólica y endocrina.

El calibre de los vasos sanguíneos es uno de los elementos centrales en la fisiología cardiovascular. Del diámetro de los vasos en un determinado territorio del organismo depende la subsistencia de las células allí ubicadas. Ese calibre resulta del grado de contracción o relajación de las células musculares lisas que se encuentran formando parte de la pared del vaso sanguíneo, separadas de la sangre circulante, precisamente, por la delgada lámina endotelial.

Entre los descubrimientos más importantes de la fisiología de la década del 80 se contará sin duda el reconocimiento de la célula endotelial como el regulador más importante del calibre o tono vascular. Los estudios pioneros de R. F. Furchgott, realizados en EE.UU. en 1980, revelaron que la presencia de las células endoteliales es imprescindible



Dibujo: Francisco Revelli

Diversos estímulos bioquímicos determinan que las células endoteliales sintetizen y liberen factores vasodilatadores y vasoconstrictores que ejercen importantes efectos de control sobre el calibre vascular. (Tomado de *Hospital Practice*, 15 de mayo de 1988.)

dible para que la acetilcolina (sustancia liberada por los nervios) relaje las arterias aisladas. Esta observación llevó a identificar un factor producido por esas células que se denominó "factor relajante derivado del endotelio" (EDRF). La liberación de este elemento extremadamente lábil—su vida media es de 6 a 30 segundos—, aunque muy potente, parece constituir la vía final común de la acción que sobre la célula endotelial ejerce la mayor parte de los agentes vasodilatadores que transporta la sangre, como la histamina, la arginina-vasopresina y la serotonina. Ese factor actúa estimulando la guanilato ciclasa en la célula muscular y la relaja a través de la producción de guanilmonofosfato (GMP) cíclico. Recientemente también se han identificado factores derivados del endotelio que estimulan la contracción del músculo liso vascular.

La naturaleza de las acciones del factor relajante sugirió independientemente a Furchgott y a L. J. Ignarro que deberían ser farmacológicamente idénticas a la de los derivados nitrogenados que se utilizan en terapéutica humana como vasodilatadores y que actúan liberando óxido nítrico (NO). Fue así que Furchgott propuso que el EDRF debía ser en realidad el NO. En un artículo

publicado en *Nature** se describe cómo el grupo de S. Moncada en los Wellcome Research Laboratories en Inglaterra, mediante variadas y complejas estrategias experimentales, demostró en 1987 que las acciones del factor relajante podían ser reproducidas por el NO. Se comprobó que el EDRF y el NO eran indiferenciables en lo que respecta a su actividad biológica, su estabilidad y su susceptibilidad a los inhibidores y potenciadores.

Durante 1988, el mismo grupo demostró que las células endoteliales generan el NO a partir de un aminoácido llamado L-arginina, lo que abre interesantes posibilidades para el estudio de la síntesis del intermediario (NO) en una variedad de situaciones patológicas como la hipertensión, la arterioesclerosis y el vasoespasmos**. Recientemente se ha demostrado—según un artículo aparecido en *Biochemistry****—que también se requiere L-arginina para activar los macrófagos al estado bactericida-tumoricida y que, aparentemente, el NO resultaría así ser un mecanismo más generalizado en los procesos de activación intracelular.

Resulta apasionante el descubrimiento que las células endoteliales generan una mo-

lécula inorgánica altamente inestable pero tan simple y tan potente para regular el tono vascular y, además, para inhibir la agregación de las plaquetas sanguíneas. Introduce una gran simplificación al demostrar que hay, en realidad, un "nitrovasodilatador endógeno" y que los nitratos orgánicos empleados en terapéutica actúan a través de la formación enzimática de esa misma sustancia: el óxido nítrico. Durante décadas se han estado descubriendo hormonas y mediadores endógenos basados en complejas moléculas orgánicas como esteroides, péptidos, aminas, prostaglandinas y leucotrienos. Ahora resulta que una de las moléculas reguladoras más fascinantes surge de la simple combinación, uno a uno, de los principales elementos de la atmósfera.

* Palmer R. M. J., Ferrige A. G. y Moncada S., (1987), *Nature* 327, 524-526.

** Palmer R. M. J., Ashton D. S. y Moncada S., (1988), *Nature* 333, 664-666.

*** Marletta M. A., Yoon P. S., Iyengar R., Leaf C. D. y Wishnok J. S., (1988), *Biochemistry* 27, 8706-8711

Guillermo Jaim Etcheverry
Facultad de Medicina,
Universidad de Buenos Aires

ética & ciencia Nº 1

Mario Bunge
Investigación y simulación

Patricia Morales
Comentario de la
Dirección

Bertrand Russell
Las responsabilidades
sociales de los científicos

Carlos Lungarzo
La ciencia y la ética en B.
Russell (comentario a 'Las
responsabilidades sociales
de los científicos')

Alejandro Vigo
Algunos aspectos de la
noción de progreso en
Grecia clásica

José F. Westerkamp
Hacia dónde va la
humanidad

Luis Santaló
Aspectos de la ciencia

Francisco Naishtat
Técnica y ética

Ricardo Maliandi
La sociobiología y las
responsabilidades éticas

ética & ciencia Nº 2

Luis Quesada
Leloire, 1906-1987

José Mainetti
El caso de la crotocina

Patricia Morales
Un lugar para la ética en
la investigación científica

Mihailo Markovic
Ética y desarrollo social

Eduardo Antín
La comunidad científica

Immanuel Jakobovits
Los experimentos médicos
con seres humanos en la
legislación judía

Emanuel Levin
El episodio de Azul

Marcelo Gutiérrez Bida
La racionalidad ante los
conflictos bélicos

ética & ciencia Nº 3

Carlos Abeledo
El CONICET y la comunidad
científica

Claire Ambroselli
Comité de ética y razón
de estado: la historia de la
medicina cuestionada

Patricia Morales
Integración regional
Mihailo Markovic
Ética y desarrollo social

Eduardo Subirats
El intelectual en la crisis
contemporánea

Gustavo Malek
Ciencia y ética: la
responsabilidad social del
científico

Ennio Candotti
Ciencia y tecnología en
la Constitución brasileña

Liliana Kaplan
Comités de ética en el
mundo.

R E V I S T A ética & ciencia

SUSCRIPCION

(4 números)

Argentina

simple A 400.-

certificado A 700.-

Exterior aéreo

individuos \$ 10.-

instituciones \$ 20.-

CORRESPONDENCIA Y SUSCRIPCIONES

"ética & ciencia", C.C. 94 Suc. 19,
1419 Buenos Aires, Argentina.

Tel. 572-1050 y 572-5766, Fax 54-1-311-7890.

Giros y cheques a nombre de Sergio R. Zagler.

Indicar a partir de qué número se desea la suscripción.

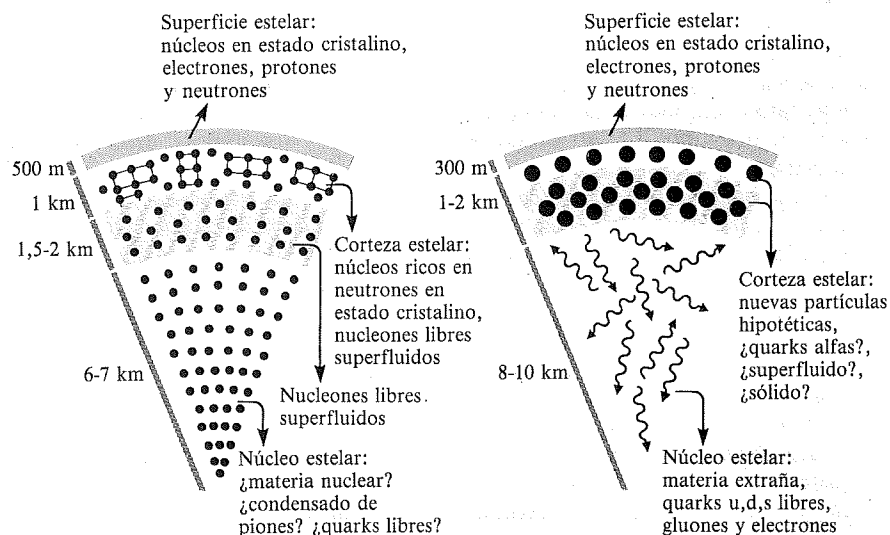
ASTROFÍSICA

El púlsar en la supernova

Si nos guiamos por los registros astronómicos conocidos, no parecen ser muchas las oportunidades de observar desde nuestro planeta, a ojo descubierto, la explosión de una supernova. Aproximadamente cada 400 años, una estrella suficientemente cercana aumenta su brillo en varias magnitudes (medida astronómica del brillo estelar) como resultado de procesos catastróficos ocurridos en etapas muy avanzadas de su evolución y se vuelve así perceptible a simple vista desde la Tierra. Se cree que, a pesar de presentar características similares en cuanto al brillo intrínseco, las supernovas pueden originarse a partir de dos situaciones bastante diferentes que describiremos a continuación.

Las supernovas a las que se ha dado en llamar de Tipo I se originarían en la explosión de una enana blanca —estrella de masa aproximadamente igual a la del Sol, pero de radio similar al de la Tierra— que forma parte de un sistema estelar binario, es decir compuesto por dos estrellas ligadas gravitatoriamente. La enana blanca recibe de su compañera un aporte de material que le es transferido continuamente (fenómeno de acreción) hasta que supera la llamada masa de Chandrasekhar, la masa máxima capaz de ser soportada por la presión del material interno originada en la repulsión (debida a efectos cuánticos) entre electrones. Cuando se produce esta situación, el objeto colapsa, y en las regiones centrales, donde la temperatura y la densidad aumentan considerablemente, se alcanzan las condiciones necesarias para que se produzca la ignición de ciertas reacciones termonucleares que, presumiblemente, utilizan carbono como combustible. Estas reacciones se propagan hasta sintetizar, entre otros productos, ^{56}Ni y ^{56}Co , es decir níquel y cobalto de número de masa 56. El decaimiento radioactivo de estos núcleos es la principal fuente de energía que sustenta el brillo de la explosión resultante durante varias semanas. No se cree que estos eventos de Tipo I den origen a ningún residuo compacto, pues los procesos señalados son capaces de desintegrar completamente la estrella original.

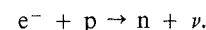
Las supernovas conocidas como de Tipo II se asocian en general al colapso de una estrella masiva (de masa por lo menos ocho veces mayor que la del Sol) que ha agotado los combustibles capaces de intervenir en ciclos nucleares de generación de energía. En efecto, la presión interior que permite so-



Izquierda: estructura aceptada hasta el presente de una estrella de neutrones; para los cálculos se utiliza la física nuclear conocida y las ecuaciones de la relatividad general. **Derecha:** estructura hipotética de una “estrella de neutrones” que resulta del cálculo relativista introduciendo los componentes de materia extraña y partículas estables extrañas altamente ligadas (quark alfas). Pese a que no se cuenta con evidencia experimental directa acerca de estos componentes, existen interesantes razones teóricas para postularlos. Su existencia puede resolver varios problemas en la comprensión de objetos compactos, incluidas la naturaleza de las explosiones de supernova que les dan origen y la rotación detectada en el púlsar joven en SN 1987A.

portar las fuerzas gravitatorias de estas estrellas de gran masa se sustenta en la energía producida por la fusión de núcleos atómicos cada vez más pesados. El proceso comienza con la fusión del hidrógeno (H) que produce helio (He) liberando energía. Cuando el hidrógeno se agota en el centro de la estrella, comienza la fusión del helio, que da por resultado carbono con la consecuente liberación de energía y así sucesivamente hasta que la región central se colma de hierro de masa 56 (^{56}Fe). Cuando se llega a este punto, no existe la posibilidad de que ocurran nuevas fusiones porque el ^{56}Fe es el núcleo más fuertemente ligado que existe en la naturaleza, y la fusión de estos núcleos absorbe energía en vez de entregarla. Así, una vez que la masa central de ^{56}Fe excede la masa máxima de Chandrasekhar, la estructura estelar se derrumba bajo la acción de la gravedad al no ser ya soportada por la presión de los electrones, hecho del que resulta un súbito empaquetamiento del material. Se disuelven entonces los núcleos de ^{56}Fe y sus protones (p), cuya carga es positiva, se unen con los electrones (e^-) de

carga negativa, para formar dos partículas neutras: neutrones (n) y neutrinos (ν). Tiene lugar así el fenómeno de captura electrónica



Cuando esto sucede, se forma un fluido de nucleones que es capaz de revertir el colapso, ya que su extrema dureza provoca el rebote del material periférico que sigue cayendo, tal como ocurre con un chorro de agua disparado contra una pared.

Si bien hasta el presente las simulaciones numéricas hechas en base a esta descripción del fenómeno prevén procesos menos energéticos que los indicados por las observaciones, dicha descripción predice dos señales bien definidas. En primer lugar, un intenso flujo de neutrinos que transportarían una energía equivalente a 1/10 de la masa central colapsante (aproximadamente 10^{53} ergios) y, en segundo lugar, la presencia de un remanente estelar compacto con una masa similar a la del Sol, pero con un radio de sólo 10 kilómetros. Estos objetos residuales adquieren altas velocidades de rotación debido a la conservación del impulso

angular durante el colapso (un efecto análogo al del patinador que aumenta su velocidad de giro cuando junta los brazos) y, en consecuencia, cabe esperar radiación originada en la aceleración de partículas cargadas desprendidas de la superficie. Predicho por el astrofísico italiano F. Pacini en 1967, este fenómeno se vio espectacularmente confirmado un año después por el radioastrónomo inglés A. Hewish, que detectó emisión electromagnética pulsada indudablemente asociada con un objeto compacto rotante. El descubrimiento de esta estrella pulsante, o púlsar, le valió a Hewish la obtención del Premio Nobel de Física en 1974.

La observación de la supernova SN 1987A, detectada en febrero de 1987 en la galaxia vecina conocida como Nube Mayor de Magallanes, ha proporcionado una oportunidad única para comprobar en detalle las ideas teóricas vigentes. La observación óptica por parte del astrónomo Ian Shelton en el observatorio Las Campanas, Chile, se produjo horas después de la notable detección simultánea de neutrinos en el detector de Kamioka en Japón y en el de Irvine-Michigan-Brookhaven en Estados Unidos de Norteamérica. Este registro de neutrinos asociado a la observación óptica de la supernova indicó, inequívocamente, que se estaba en presencia de un colapso gravitatorio y que, en consecuencia, se trataba de un evento del Tipo II. Debido a la proximidad de la supernova fue posible efectuar un estudio exhaustivo que no tiene precedentes en la historia de la astrofísica. El resultado general del análisis mencionado indica un muy buen acuerdo entre teoría y observación, a pesar de que aún no ha sido posible identificar con certeza los detalles del mecanismo que produjo la explosión. No debe extrañar entonces la gran expectativa de los especialistas con respecto a la detección del púlsar remanente que debía encontrarse entre las cenizas de la explosión. Es importante notar que, dada la complejidad del sistema físico en cuestión, no se dispone de predicciones teóricas acerca del momento en el cual el púlsar debe hacerse visible, ya que depende en gran medida de la incierta opacidad de las capas exteriores de la estrella eyectadas durante la explosión.

En una circular de la Unión Astronómica Internacional del día 8 de febrero de 1989 se anunció el descubrimiento de un púlsar en SN 1987A realizado en el observatorio chileno de Cerro Tololo por el astrónomo J. Middleditch y colaboradores.* A pesar de que habitualmente las frecuencias de emisión que se observan los pulsares corres-

ponden a las de ondas de radio, en esta oportunidad el estudio fue realizado en la zona visible del espectro que, debido al estado evolutivo actual del remanente, ofrece condiciones muy adecuadas de observación. No es ésta la primera vez que un púlsar es observado ópticamente; así, por ejemplo, en la constelación de Vela, y luego de haber sido descubierto en frecuencias de radio, el púlsar PSR 0833-45 pudo ser identificado como un objeto débilmente brillante.

La emisión típica de un púlsar consiste en una serie de pulsos muy agudos perfectamente periódicos, periodicidad que se asocia a la rotación del objeto compacto que la origina. Este período varía en un amplio rango desde los milisegundos hasta algunos segundos. Lo más sorprendente del descubrimiento realizado en Cerro Tololo es que el púlsar presente como residuo de la SN 1987A rota 1968,629 veces por segundo y es, por lo tanto, alrededor de tres veces más rápido que el púlsar más rápido conocido hasta ahora. Este hecho indica que el objeto en cuestión posee una energía rotacional extremadamente grande y renueva, en consecuencia, interrogantes acerca de la naturaleza y composición de estas estrellas de rápida rotación, problema que de inmediato consideraremos.

El modelo corrientemente aceptado hasta el presente establece que los pulsares están compuestos de materia de neutrones sumamente densa (alrededor de 10^{15} veces

más densa que el agua) con una masa que corresponde aproximadamente a la masa de ^{56}Fe que poseía la estrella antes del colapso. Sin embargo, del estudio teórico de estrellas de neutrones rápidamente rotantes realizado por J. L. Friedman, J. R. Ipser y L. Parker**, estudio que incluye los efectos completos de la Relatividad General y los detalles del comportamiento de la materia a esas densidades extremas, puede deducirse lo siguiente: para un amplio rango de características físicas de la materia de neutrones, la estructura estelar es completamente inestable a la velocidad de rotación observada ya que o bien la materia es eyectada por el ecuador debido a las fantásticas fuerzas centrífugas presentes, o la configuración se destruye ante la presencia de pequeñas oscilaciones que se van amplificando sin límite antes de dicha eyección.

Los resultados obtenidos en Cerro Tololo aún no han podido ser confirmados por otros observatorios pero, si nos atenemos a ellos, nos encontramos ante dos posibles situaciones. Una de ellas sería que el comportamiento de la materia de neutrones no haya sido bien comprendido hasta ahora; en ese caso, nuevos modelos de estrellas de neutrones podrían explicar el mantenimiento de la estabilidad ante velocidades de rotación como la observada. La segunda, que nos parece mucho más probable, es que los pulsares estén constituidos por una materia de naturaleza y propiedades muy diferentes de la neutróica, y en este sentido se ha pensado que los quarks, constituyentes subnucleares de los neutrones, podrían cumplir tal función, ya que serían capaces de manifestarse a esas densidades extremas.

De una u otra manera, el descubrimiento del púlsar en SN 1987A ha de provocar, sin duda, una intensa actividad teórica y de observación que puede llevar a concepciones radicalmente diferentes de las que tienen vigencia en la actualidad.

* J. Middleditch, C. Pennypacker, D. E. Morris, R. A. Muller, S. Perlmuter, T. Sasseen, J. A. Kristian, W. E. Kunkel, M. A. Hamuy, J. M. Imamura, T. Steiman-Cameron, I. Shelton, I. R. Tuohy y S. Rawlings, Circular IAU, N° 4735 (1989).

** *Astrophysical Journal*, vol. 304, pág. 115 (1986).

Omar G. Benvenuto

Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas
Universidad Nacional de La Plata

Jorge E. Horvath

Departamento de Física
Universidad Nacional de La Plata



Nube Mayor de Magallanes, galaxia irregular satélite de la Vía Láctea donde se produjo la explosión de la supernova SN 1987A.

Fot. Observatorio Astronómico de la Univ. Nac. de La Plata

CROTOXINA

Rafael Braun

Centro de Investigaciones Filosóficas

Según noticias periodísticas, el secretario de Ciencia y Técnica de la Nación, Raúl Matera, "considera conveniente que se realice una nueva investigación sobre el tema [de la crotoxina] y sugirió para ello la utilización de un grupo de pacientes vírgenes, es decir, que padezcan algún tipo de tumor fehacientemente comprobado, pero que no se hayan sometido a ningún otro tratamiento para superar el mal" (*La Nación*, 1/9/89). La secretaria de Salud, Matilde Menéndez, por su parte, confirmó que "hasta el momento no surgió de ninguna investigación elementos objetivos en el sentido de que la crotoxina sea una medicina antitumoral" y con mejor criterio afirmó que "una vez que se realice la investigación preclínica y en el caso que arroje beneficios antitumorales o anticancerígenos habrá llegado el momento, entonces, de autorizar la producción y prescripción de un medicamento en la Argentina" (*Clarín*, 2/9/89). Más allá de los aspectos científicos vinculados con la acción del complejo enzimático en relación con el cáncer, es importante recordar que toda investigación médica realizada con seres humanos debe estar sujeta al respeto de normas éticas.

El objetivo de esta nota es cotejar lo actuado en su momento por los investigadores y médicos involucrados en el empleo de la crotoxina con fines experimentales, con los principios éticos contenidos en la Declaración de Helsinki actualizada por la 29ª Asamblea de la Asociación Médica Mundial reunida en Tokio en 1975. Mi propósito no es juzgar personas sino discernir, desde el punto de vista ético, la corrección o incorrección de diversas situaciones objetivas. Es por tanto un análisis de la dimensión objetiva de un problema que presenta serios interrogantes a la conciencia moral. El método a seguir será muy sencillo. Enunciaré primero el principio, y luego señalaré los hechos que, a mi juicio, lo contradicen.

Primipio básico I,1: "La investigación biomédica que involucra a sujetos humanos... debe estar basada en una experimentación de laboratorio y animal adecuadamente realizada y en un conocimiento profundo de la literatura científica".

CROTOXINA
VERSUS
LA ONCOLOGÍA
NO NOS DEJE MORIR



Los hechos

1. Esta experimentación estaba teóricamente a cargo de Juan Carlos Vidal en el Instituto de Neurobiología (organismo dependiente del CONICET). En sus informes al CONICET, Vidal nunca informó que estuviera realizando una investigación relacionada con el tratamiento del cáncer. "Ninguna de las actividades científicas mencionadas [por Vidal] guarda relación directa o indirecta con temas de oncología básica o clínica" (Informe CONICET 1). Juan Tramezzani, director del Instituto de Neurobiología (IDNEU), expresó a fines de julio de 1986 que a principios de ese año se requirieron de Vidal explicaciones sobre movimientos extraños observados en relación con el laboratorio de venenos. El médico informó que se estudiaba el efecto de la crotoxina en pacientes cancerosos terminales, para lo cual contaba con el permiso de las autoridades correspondientes. Durante mayo se descubrió que ese estudio se realizaba en un consultorio privado y no en el ámbito hospitalario. También se averiguó que no existía autorización alguna de Salud Pública y que además no se presentaron evidencias que demostraran con rigor científico el efecto terapéutico de las sustancias administradas. Un año después, Tramezzani decía: "Corría el mes de mayo. ¿Qué es lo que en esos momentos se sabía realmente acerca de la crotoxina y el cáncer? La respuesta es terminante. Nada, absolutamente nada. No se había realizado ni investigación básica ni aplicada que permitiese afirmar con seriedad la utilidad de la crotoxina como elemento antineoplásico" (*La Prensa*, 9/7/89).

2. No existe ninguna comunicación científica sobre el tema antes de la iniciación del ensayo.

3. La única información es brindada en una monografía titulada "Complejo crotoxina A y B en el tratamiento del cáncer", inscrita en el Registro de la Propiedad Intelectual a nombre de los médicos Costa, Coni Molina y Hernández Plata, y del propio Vidal, que se entregó al CONICET y al Ministerio de Salud y Acción Social luego de la suspensión del suministro de la droga. En declaración jurada ante el juez Buján, Vidal ratificó que era autor de la parte referida a la investigación básica. He aquí el juicio que sobre la misma da el Informe del CONICET:

(4.a) Acción del complejo crotoxina sobre células animales «in vitro»: "No se muestran resultados sobre el efecto del complejo en líneas celulares de estirpe humana, ni tampoco evidencia experimental alguna que ava-

le la supuesta carencia de acción del complejo sobre células normales".

(4.b) Acción del complejo crotoxina sobre tumores experimentales in vivo: "También acá los resultados son insuficientes, ya que no se detalla el origen de los animales portadores de los tumores experimentales, el estadio evolutivo de los mismos, las dosis del complejo utilizadas ni el efecto sobre la masa tumoral y/o el número de metástasis".

(5.a) "Es falsa la composición declarada del contenido de los frascos 1 y 2. El frasco 1 contiene una solución de veneno entero de cobra (*Naja naja siamensis*) y el frasco 2 una solución de crotoxina A y B de cascabel sudamericana contaminada con otros componentes del veneno."

(5.b) "La afirmación del Dr. Vidal de que la crotoxina actúa sobre las células tumorales pero no sobre las normales está basada en una inferencia incorrecta a partir de los datos. En efecto, la realidad es que:

(1°) Se probó el efecto de la crotoxina sobre una sola variedad de células tumorales y no se observó efecto alguno; (2°) las imágenes fotomicrográficas presentadas en la monografía para atestiguar las afirmaciones del Dr. Vidal han sido extraídas del libro de Anthony T. Tu (profesor de Bioquímica y Anatomía de la Colorado State University) titulado: *Venoms: Chemistry and Molecular Biology*, cap. 19, pp. 301-320, John Wiley & Sons, EE.UU., 1977. El hecho está agravado por cuanto los efectos que el verdadero autor de estas figuras demostró no corresponden a efectos del complejo crotoxina A y B sino a venenos de otras especies."

4. La Fundación Instituto de Neurobiología puede documentar 63 hechos falsos en dicha monografía, y a título ilustrativo menciona que en las páginas 18 y 19 se afirma que se estudió la distribución de crotoxina B marcada inyectando ratas y no se encontró radioactividad en la vesícula biliar. La rata no tiene vesícula biliar. . . (*La Prensa*, 10/7/89).

5. Los médicos clínicos afirman: "El equipo del Dr. Vidal ha hecho todas las experiencias previas, en laboratorio, con cobayos, conejos, ratones y palomas, antes de que se iniciaran las investigaciones en seres humanos" (*Clarín*, 17/7/86), cosa que nunca se demostró. Por eso el informe del CONICET dice: "El informe [de la Comisión Evaluadora] indicaba claramente [el 16/7/86] que no se habían satisfecho los más elementales requisitos de la investigación experimental que —ineludiblemente— deben preceder a la investigación clínica".

P *principio básico I,2:* "El diseño y la realización de cada procedimiento experimental que involucra a sujetos humanos debe ser claramente formulado en un protocolo experimental que debe ser transmitido a un comité independiente especialmente designado para su consideración, comentario y guía".

Los hechos

1. No se formuló un protocolo experimental, ni se lo transmitió a un comité independiente.

2. Respecto de la monografía presentada a posteriori corresponde decir que:

(a) Afirman que se administra el complejo a pacientes afectados por determinados tipos de cáncer, cuando los pacientes eran en realidad portadores además de otros tumores.

(b) Se afirma que se determinaron dos grupos de 60 pacientes cada uno (3 y 6 meses de administración de la droga, respectivamente), dato no avalado por la realidad.

(c) Se afirma que se confeccionará una historia clínica completa del caso, y además se le practicará un examen físico completo previo a la admisión al ensayo, pero no se pudo constatar su existencia.

(d) Se habla de un grupo de 51 pacientes pertenecientes a un "Ensayo clínico no controlado", del que se manifiesta haber obtenido un 100% de sobrevida a 4 años con un 82% de remisiones objetivas, de las cuales 40% eran completas. Sólo se presentó uno. "Ante la falta de documentación probatoria caben fundadas sospechas acerca de la veracidad de estas afirmaciones" (Informe CONICET 5c).

3. Los médicos clínicos reconocen que omitieron cumplir "las normas [legales] para autorización de un ensayo clínico", que con la presentación de la monografía al Ministerio "puede decirse que ahora hemos entrado en la legalidad", pero al mismo tiempo afirman que "todos los trabajos, preclínico y clínicos, se hicieron de acuerdo con normas internacionales vigentes, como, por ejemplo, el Protocolo Convencional del National Cancer Institute, de Estados Unidos" (*Clarín*, 17/7/86). Un mes más tarde dirán: "El estudio clínico hasta el momento no ha respetado normas internacionalmente aceptadas para este tipo de experimentaciones" (*La Nación*, 17/8/86).

P *principio básico I,3:* "La investigación biomédica que involucra a sujetos humanos debe ser conducida sólo por personas científicamente calificadas y bajo la supervisión de una persona médica clínicamen-

te competente. La responsabilidad por el sujeto humano siempre debe descansar en una persona médicamente calificada y nunca descansar en el sujeto de la investigación, aunque el sujeto haya prestado su consentimiento”.

Los hechos

1. ¿Qué calificación científica tenían los médicos? *Clarín* los presenta así: Carlos Coni Molina, 34 años, oncólogo clínico; Luis Costa, 37, cirujano general y oncólogo, y Guillermo Hernández Plata, 32, oncólogo-epidemiólogo. Se supone que esta descripción fue proporcionada por ellos mismos.

2. Roberto Estévez, miembro de la Comisión de Oncólogos (designada por el Ministerio de Salud y Acción Social para evaluar a los pacientes tratados con crotoxina) y profesor de Oncología en la Universidad del Salvador afirma: “Coni Molina se graduó de médico en la Cátedra del Salvador. Fue un muy buen alumno y tiene un título de oncólogo. Los otros dos no lo tienen. Hernández Plata es médico, pero fue aplazado dos veces cuando aspiró al título de oncólogo. Costa tampoco es especialista en cáncer”. ¿Cómo se involucraron con la crotoxina? Estévez prosigue: “El asunto nace hace cuatro o cinco años. En aquel entonces Vidal repartía indiscriminadamente frascitos con crotoxina a pacientes con cáncer. Sin llevar ninguna clase de registros. Sin anotar nombre ni apellido. Los daba en una cátedra de la Facultad. Sólo a fin del año pasado se empezó a dar crotoxina en el Instituto de Neurobiología. En octubre del 85, Hernández Plata se vinculó con Vidal y, asociándose en su tarea, comenzó a enviarle sus enfermos. Pero, además, atrajo hacia esta aventura a Coni Molina y a Costa, quienes en marzo de este año iniciaron a algunos de sus pacientes en el tratamiento con crotoxina. La Comisión [de Oncólogos] pudo reunir una lista de 145 pacientes, de los cuales figura sólo el nombre y la fecha de entrega de droga. En muchos de ellos, ni siquiera el diagnóstico” (*Clarín*, 15/10/86).

3. ¿Estaban bajo la supervisión de una persona médica clínicamente competente? Dicen los mismos médicos: “Somos un equipo pero no dependemos de nadie para la investigación que estamos realizando”. “La segunda etapa —que es la parte clínica que nos compete— viene realizándose desde 1978”. Esto último es falso. “Habíamos resuelto continuar con las investigaciones clínicas hasta dentro de un año o dos, cuando hubiéramos protocolizado un número suficiente de tratamientos, y sólo entonces someter nuestras investigaciones a nuestros su-



periores y maestros en el terreno científico. Después, con su anuencia, se informaría gradualmente al público sobre nuestro tratamiento” (*Clarín*, 17/7/86). A confesión de parte relevo de prueba. Los superiores y maestros en el terreno científico no tenían como misión controlar la científicidad del ensayo sino sólo revisar las conclusiones de un trabajo ya concluido que se quería seguir realizando en la clandestinidad por uno o dos años más.

4. La Resolución N° 552/86 del Ministerio de Salud y Acción Social “autoriza el uso del compuesto a los pacientes que habían iniciado aplicaciones con anterioridad y bajo exclusiva responsabilidad de ellos mismos” (Informe CONICET 6). Esto es una clara contravención del Principio, que prohíbe que la responsabilidad descansa en el sujeto de la investigación. Esta Resolución Ministerial invoca “razones exclusivamente humanitarias” cuando en realidad fueron razones políticas, ya que el Comité de la Secretaría de Salud Pública que analizó la monografía rechazó el 14/7/86 el pedido por insuficiente para justificar la continuación del ensayo clínico. A esto cabe agregar que varios jueces que acordaron recursos de amparo ordenaron entregar los frascitos directamente a los pacientes sin indicación de prescripción ni dosis, llegándose al caso límite de un juez que acordó un recurso de amparo en favor de un enfermo que vive en Viña del Mar, Chile. También esto contraviene el Principio.

P *principio básico I,5:* “Todo proyecto... debe ser precedido por un cuidadoso análisis de los riesgos previsibles en comparación con los beneficios previsibles para el sujeto u otros. La preocupación por los intereses del sujeto debe siempre prevalecer sobre los intereses de la ciencia y la sociedad”.

Los hechos

1. ¿Se evaluaron los riesgos previsibles en comparación con los beneficios previsibles? Veamos qué dice el Informe del CONICET:

(4.c) Ensayos clínicos: “En esta Sección parecen existir notorias falencias en la presentación de los resultados obtenidos. En primer lugar no se indica si se han efectua-

do estudios para determinar la actividad biológica del complejo crotoxina, su metabolismo y el rango de dosificación aconsejable. Esto parece ser especialmente importante si se tiene en cuenta que se está evaluando una droga con considerable toxicidad potencial en pacientes con estado general posiblemente deteriorado y cuyo tratamiento se efectúa en condiciones ambulatorias. Por otra parte, no se indica que en el seguimiento de los pacientes se haya utilizado la evolución de marcadores biológicos específicos para determinados tumores, ni la documentación de análisis y diagnósticos con imágenes. En lo que respecta al informe clínico, debemos destacar que el mismo es incompleto y por la escasez de la información presentada surgen dudas sobre la eficacia antitumoral del complejo crotoxina A y B”.

(8.1) “El Dr. Vidal manifestó [ante el juez Dr. Buján] que los estudios sobre el efecto antitumoral de venenos de serpientes están en una etapa muy preliminar y que, por lo tanto, lo único que existe son sus propias presunciones sobre efectos beneficiosos. Expresó, asimismo, que nunca dijo que el complejo curase el cáncer ni que este posible tratamiento pudiera utilizarse en reemplazo de las terapias convencionales existentes.”

(8.2) “El Dr. Vidal manifestó que no estaba en condiciones de aportar datos en el plano de la investigación básica o clínica que significasen evidencias sobre los supuestos efectos beneficiosos de la droga en cancerología.”

2. Según la opinión de Estévez, el complejo puede incluso ser dañino: “El veneno de cobra, además de analgésico es hemolítico, (destruye el tejido sanguíneo). Curiosamente, varios enfermos de la lista a quienes se les administró crotoxina murieron con hemorragias, quizás en un porcentaje mayor que lo habitual para el tipo particular de tumor que presentaban. ... La cinética celular permite calcular el tiempo de duplicación de los tumores. Curiosamente, estudiando las placas de metástasis pulmonar de algunos pacientes tratados con crotoxina, se aprecia que el tiempo de duplicación es de dos a tres veces más rápido que el calculado con las reglas antedichas. Es decir que los tumores han crecido más aceleradamente que si no se hubiera hecho nada. Eso es la comprobación clínica de un efecto nocivo de la crotoxina” (*Clarín*, 15/10/86).

P *principio básico I,6:* “Deben tomarse todas las precauciones para respetar la privacidad del sujeto y para minimizar

el impacto del estudio sobre la integridad física y mental del sujeto”.

Los hechos

1. El Ministerio de Salud y Acción Social hizo pública la nómina de los 83 pacientes comprendidos en la RM 552/86, que apareció en el diario *La Razón*. Dos pacientes se enteraron por la publicación que padecían cáncer.

2. Los médicos, por los medios de comunicación social, repetidamente dieron a entender que el ensayo se hacía con quienes estaban prácticamente “desahuciados”. El papel de los medios de comunicación social fue lamentable.

P *principio básico I, 8:* “En la publicación de los resultados de la investigación, el médico está obligado a preservar la exactitud de los resultados”.

Los hechos

¿Se fue veraz en la información de los hechos? En la etapa de la investigación básica:

(a) Hubo engaño acerca del contenido de los frascos 1 y 2.

(b) Hubo falsificación de datos en la monografía con el fraude de las nueve fotografías.

A su vez, en la etapa de la investigación clínica:

(a) Se afirmó que 700 pacientes habían sido sometidos a este tratamiento. No superaron los 150.

(b) El “Ensayo clínico no controlado” de 51 pacientes es inexistente.

(c) La experimentación con animales nunca se realizó.

(d) Los médicos dicen: “Hemos trabajado con 140 pacientes protocolizados con resultado muy alentador” (*Clarín*, 17/7/86). El informe de los oncólogos desmiente ambas afirmaciones.

P *principio básico I, 9:* “Todo sujeto debe ser adecuadamente informado de los fines, métodos, beneficios anticipados y potenciales peligros del estudio y de la incomodidad que puede seguirse. . . El médico debe luego obtener el consentimiento informado libremente dado por el paciente, preferentemente por escrito”.

Los hechos

Los pacientes no pudieron dar un consentimiento informado libremente porque:

(a) Los médicos ignoraban el contenido de los frascos que administraban. Dice Estévez: “La fórmula del producto administrado en los frascos 1 y 2 la tiene registrada el CONICET. La Dra. Canziani y Vidal se negaron a revelarla”.

(b) No existían ensayos de toxicidad.

(c) Eran inducidos a error, ya que se les presentaba un formulario falso con membrete de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires, que no había tenido ninguna participación en el ensayo.

(d) Los mismos médicos creían, falsamente, que las investigaciones sobre la crotoxi-na eran apoyadas por el CONICET, cuando en realidad éste las ignoraba (cf. *Clarín*, 17/7/86).

(e) Si los médicos ignoraban tanto los beneficios como los potenciales peligros por no haberse realizado los estudios previos indispensables, mal podían informar adecuadamente a sus pacientes.

P *principios básicos II, 2 y 3:* “Los potenciales beneficios, peligros e inconveniencias de un nuevo método deben ser pesados con las ventajas de los mejores métodos corrientes diagnósticos y terapéuticos”. “En todo estudio médico, a todo paciente . . . debe asegurársele el mejor método diagnóstico o terapéutico probado”.

Los hechos

En la monografía se dice: “Sólo serán incluidos en este ensayo aquellos pacientes portadores de cáncer avanzado, confirmado histológicamente, masas tumorales mensurables y no controlables con la terapéutica oncológica convencional” (fs. 35). Pero la Comisión de Oncólogos concluye: “No obstante, esta Comisión constató que realmente eran pacientes avanzados, no controlables con la terapéutica oncológica convencional, 30 de los 48 evaluados, mientras que los 18 restantes (37,5%) son o eran pasibles de terapéuticas convencionales con altas posibilidades de lograr mejoría o aun curación que están perdiendo con el correr del tiempo. Además cabe consignar que no todos los pacientes tenían corroboración anatómopatológica de enfermedad tumoral previa o en actividad” (18/8). Y agrega la Comisión: “A fs. 39 llama la atención que los médicos tratantes manifiesten lo siguiente, entre las causas de exclusión en pacientes admitidos: ‘progresión de la enfermedad que comprometa órganos vitales y que por la vitalidad del paciente obligue a usar otra terapéutica antineoplásica’. Ahora bien: no se explica entonces que ante los numerosos casos de evidente progreso de la enfermedad, los citados profesionales no hayan tomado las medidas pertinentes para excluir a dichos pacientes en forma inmediata del ensayo que nos ocupa. Por otra parte, si reconocen que ‘la vitalidad del paciente’ puede obligar a ‘usar otra terapéutica antineoplásica’ están desmintiendo el punto 6.0. (criterio de selección), donde afirman que sólo ingresarán pacientes ‘no controlables con la terapéutica oncológica convencional’.” La gravedad del juicio formulado por la Comisión de Oncólogos me exime de mayores comentarios. ☉



LAS COMUNIDADES INCRUSTANTES

La presencia del hombre en el mar sorprendió, entre otros, a diversos organismos que viven usualmente en los fondos. La instalación de construcciones portuarias e, incluso, los cascos de embarcaciones demostraron que tales organismos son capaces de colonizar también distintos sustratos artificiales que, a su vez, se ven seriamente afectados por la acción adversa de aquéllos. El amplio desarrollo de la investigación ecológica ocurrido en estos años permitió el redimensionamiento de los estudios sobre el origen de los procesos de biodeterioro de materiales en contacto con el agua de mar. Se ha tomado conciencia de la complejidad y variabilidad de esta problemática y de que, en la medida que no sea claramente comprendida, tampoco podrá ser controlada.

A partir de la inmersión de un sustrato sólido en agua de mar comienza un continuo y dinámico proceso que se inicia con la adsorción de material orgánico disuelto, continúa con la formación de biopelículas constituidas por bacterias y microalgas y culmina con el establecimiento y crecimiento de distintas especies de invertebrados y macroalgas que llegan a conformar comunidades de complejidad variable, conocidas como comunidades incrustantes, adherencias biológicas, bioensuciamiento, *fouling* o *biofouling* (véanse las fotografías). La dinámica completa del proceso se resume en la figura 1. Sobre la base de lo expuesto, es posible definir el *biofouling* como la fijación y acción metabólica de micro y macroorganismos sobre sustratos artificiales que se encuentran en contacto con el agua de mar y que consecuentemente ejercen acciones perjudiciales en diversas actividades humanas. Si bien estos fenómenos también se registran en ambientes de agua dulce, su incidencia e implicancia económica son menos importantes que en el ambiente marino.

La acción del *biofouling* conduce a efectos tan adversos como la reducción en la eficiencia de las superficies intercambiadoras de calor utilizadas en la industria energética a vapor, el notable incremento en el consumo de combustibles en barcos y la aceleración de los procesos de corrosión sobre superficies metálicas. Un detalle de algunos de los problemas ocasionados por el *biofouling* y sus consecuencias se describe en la fi-

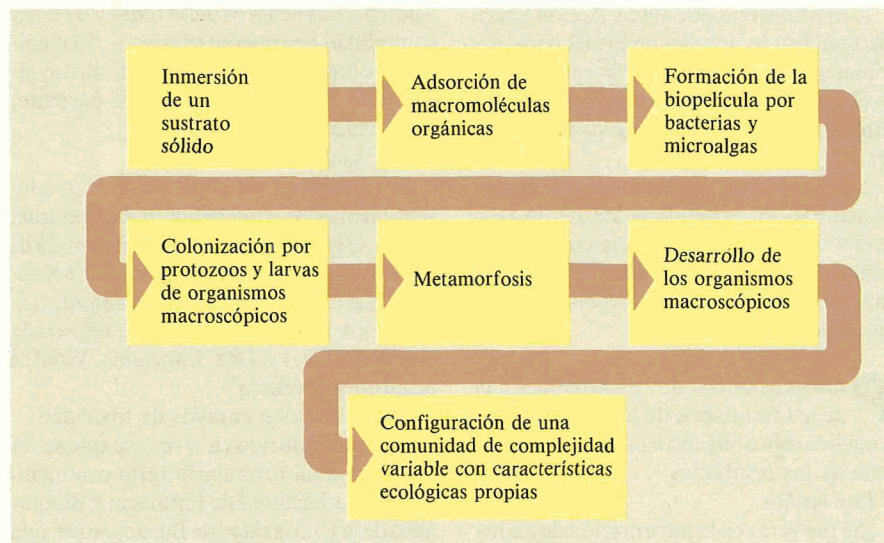


Fig. 1. Etapas principales en el desarrollo del *biofouling*.

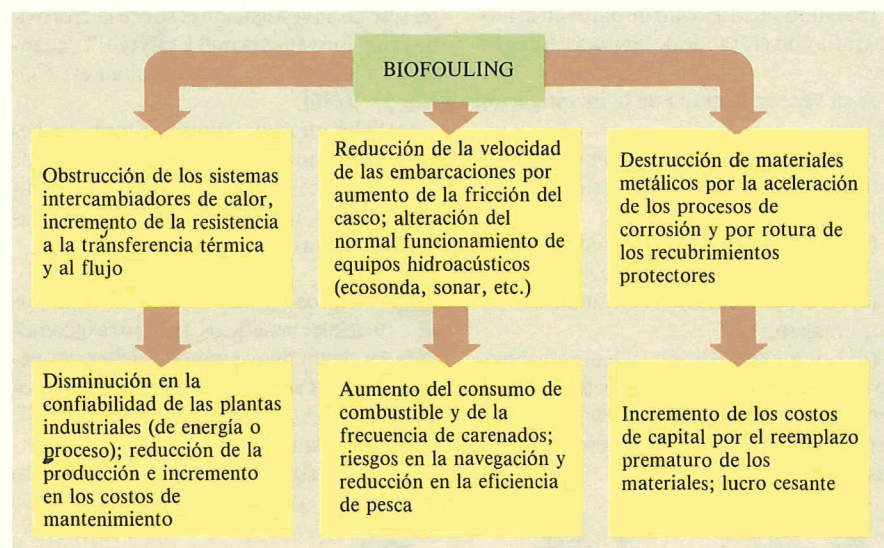


Fig. 2. Acción y consecuencia del *biofouling*.

gura 2. La estimación de las consecuencias económicas producidas por este proceso varía obviamente según el grado de industrialización de los países que lo sufren. Por ejemplo, A.M. Pritchard (1981) sugiere para Gran Bretaña un costo anual de entre 600 y 1 000 millones de dólares, lo que significa cerca del 0,5% del PBI británico en 1976. Por su parte, A. Lund (1981) calcula que las pérdidas a causa de este problema para el año 1980, en las industrias química, na-

viera y energética de los EE.UU. de Norteamérica oscilan entre los 1 800 y 2 900 millones de dólares.

La complejidad del proceso y su alto costo económico han impulsado la realización de investigaciones interdisciplinarias (con la participación de biólogos, microbiólogos, bioquímicos e ingenieros químicos) tendientes a solucionar o reducir en cierta medida las pérdidas que provoca. Así se han desarrollado sistemas para el control del *biofou-*

ling tan variables como la diversa gama de problemas que el mismo produce, pero hasta el presente no se ha logrado obtener ninguna metodología totalmente efectiva. Los sistemas de control se pueden dividir en dos grandes grupos: los físicos y los químicos. Dentro de los métodos físicos están comprendidos los mecánicos (filtros, sistemas Taprogge, carenados subacuáticos y limpieza manual), térmicos (shock térmico por recirculación), hidráulicos (altas velocidades de flujo) y los recubrimientos no tóxicos (pinturas alisantes y resinas orgánicas). Los métodos químicos comprenden a los biocidas (oxidantes y no oxidantes), recubrimientos tóxicos (pinturas *antifouling*) y aleaciones metálicas tóxicas (aleaciones en base al cobre).

Nuestro país, debido a los serios inconvenientes energéticos y a las grandes pérdidas en la producción de energía eléctrica que experimenta, ha puesto especial atención durante los últimos años en el estudio del *biofouling* que afecta a las centrales termoeléctricas. El conocimiento profundo de la dinámica de estas comunidades incrustantes, que se desarrollan en distintos sectores de los circuitos de refrigeración de las centrales, es fundamental para lograr un efectivo control y reducción de los procesos de biodeterioro. En estos sectores se presentan condiciones ambientales muy distintas a las naturales y ellas están principalmente referidas a las condiciones de luminosidad, flujo y tipos de sustrato.

Para el estudio del *biofouling* se utilizan muestras representativas y periódicas de la comunidad en sus diversas etapas evoluti-

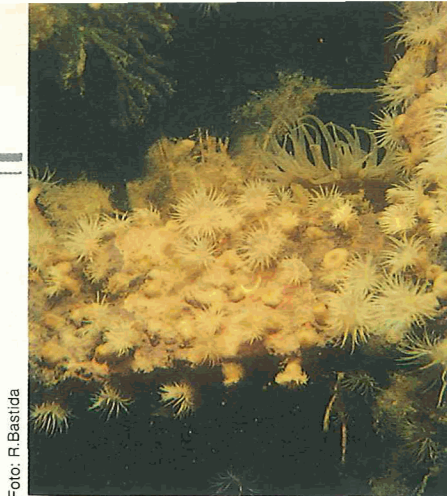


Foto: R. Bastida

Comunidades incrustantes o *biofouling*, en su grado de máxima complejidad, asentadas sobre construcciones portuarias.

vas. La obtención de aquellas de los cascos de las embarcaciones, estructuras portuarias y plataformas petroleras de aguas abiertas no implica mayores dificultades. Pero en el caso de los circuitos de refrigeración industriales es necesario diseñar equipos de monitoreo que permitan la simulación de su funcionamiento y la obtención de muestras en los períodos deseados, pues es imposible hacerlo directamente en la mayor parte de su extensión. El diseño de la estrategia de muestreo debe tener en cuenta los sectores del circuito de refrigeración que se deseen evaluar, la composición y el tamaño mínimo representativo de los sustratos experimentales a utilizar y los tiempos de permanencia de los mismos en el ambiente. Una vez obtenidas las muestras, éstas son procesadas en el laboratorio mediante los siguientes estudios, entre otros: registro fotográfico y descripción de la comunidad en vivo; determinación sistemática de las especies componentes y su abundancia relativa; elaboración de una matriz con la inclusión de la totalidad de los datos básicos; cálculo de la importancia relativa de cada

especie, diversidad, uniformidad y riqueza específica; análisis de la afinidad entre muestras, confección de dendrogramas; identificación de los grupos de afinidad; evaluación de los procesos de biodeterioro sobre los sustratos experimentales mediante microscopía electrónica de barrido y análisis de los productos de corrosión por técnica de dispersión de la energía de rayos X, microsonda electrónica y también difracción de rayos X.

Con los datos obtenidos se efectúa la caracterización ecológica de cada una de las áreas en estudio, relacionando la comunidad con los principales parámetros ambientales presentes. Dichas áreas son además comparadas entre sí para determinar sus diferencias y/o similitudes.

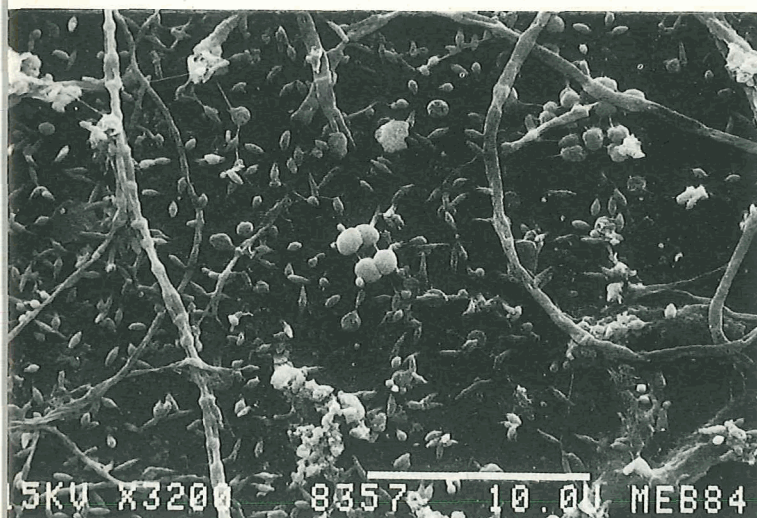
De tal manera se han logrado resultados muy positivos y de inmediata aplicación a la actividad industrial, como el conocimiento de la composición y dinámica del *biofouling* de los principales puertos de la República Argentina; la definición de la agresividad de estas comunidades en los meses cálidos —que es similar a la observada en zonas tropicales del planeta—, y los mecanismos de introducción de especies exóticas en las áreas portuarias y su relación posterior con comunidades originarias.

Ricardo Bastida

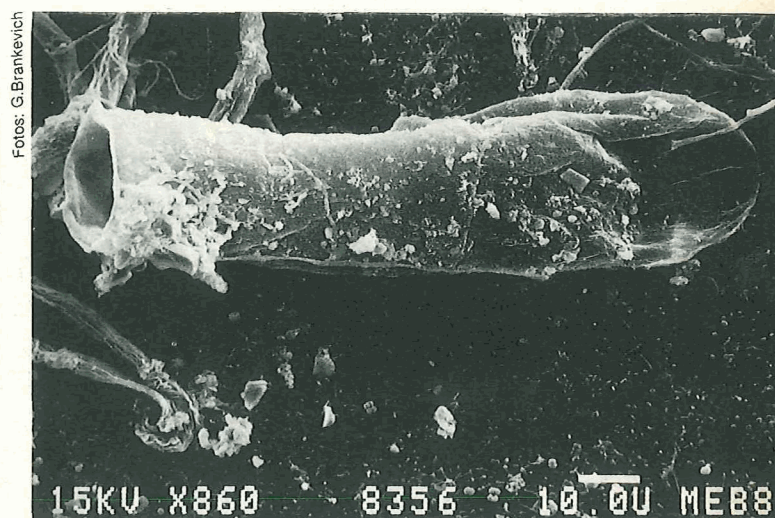
Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero - CONICET

Gustavo Brankevich

Dirección de la Energía de la Provincia de Buenos Aires



Microfotografía de barrido de electrones. Inicio de la formación de la biopelícula (aumento: 3.200×).



Microfotografía de barrido de electrones. Asentamiento de protozoos sésiles sobre la biopelícula (aumento: 860×).

NUEVAS ETAPAS DEL DIÁLOGO

En el número anterior de esta revista (véase "Diálogo entre científicos argentinos", *Ciencia Hoy*, n° 3, pág. 77) informamos a nuestros lectores de la creación del Foro de Sociedades Científicas Argentinas, entidad a la cual la Asociación Ciencia Hoy sirve como medio de coordinación administrativa. Como resultado de reuniones llevadas a cabo con posterioridad, el Foro dio a conocer un documento denominado "Objetivos, constitución y normas de funcionamiento" que se transcribe a continuación.

I. Objetivos del Foro

(1) El Foro de Sociedades Científicas Argentinas se constituye con la finalidad de proporcionar a la comunidad científica argentina un ámbito que permita el análisis y la discusión interdisciplinaria de los problemas de la ciencia y la tecnología en el país, generando de este modo un mecanismo para hacer llegar la voz y la opinión de la comunidad científica a los sectores gubernamentales y privados involucrados en el tema.

(2) El Foro es una entidad permanente, no gubernamental y no sectorial ni partidaria.

(3) Las Sociedades miembros del Foro consideran que la ciencia sólo puede realizarse en un ámbito de respeto por la Constitución y las leyes, y adhieren expresamente a los siguientes principios:

(a) *Libertad académica*. El único criterio válido para evaluar a un científico y a su labor es la calidad intrínseca de la misma con exclusión de toda consideración política, racial, religiosa y de sexo.

(b) *Participación*. Los científicos tienen el derecho y el deber de participar en toda acción de la sociedad que involucre la ciencia y la tecnología.

(c) *Responsabilidad social*. Los científicos están obligados a utilizar sus conocimientos y habilidades en beneficio de toda la sociedad.

(4) El Foro está abierto a toda sociedad o asociación:

(a) Que adhiera a lo expresado en el artículo (3) del presente estatuto.

(b) Cuyos objetivos primarios sean la promoción de la ciencia y la tecnología, y cuyos socios sean predominantemente investigadores activos.

(c) Que tenga suficiente representatividad en su disciplina.

(d) Que sus autoridades sean renovadas periódicamente por elección de sus socios.

(e) Que desarrollen una tarea continua demostrable en la realización de actividades periódicas en las que se presenten resultados de investigaciones científicas o tecnológicas originales. En el caso de las sociedades de reciente constitución, su incorporación será "ad referendum" del cumplimiento de las actividades señaladas en el presente párrafo.

(5) Para lograr sus objetivos, el Foro propondrá a:

(a) Crear en la sociedad conciencia de la necesidad del avance de la ciencia y la tecnología argentina en el desarrollo social, económico, cultural y educativo del país.

(b) Establecer vínculos entre científicos de distintas disciplinas.

(c) Fomentar la instauración de mecanismos que establezcan una mayor y más eficaz participación de la comunidad científica en los organismos de ciencia y técnica, y en toda decisión que haga a su actividad.

(d) Emitir opinión y a ofrecer asesoramiento a toda acción gubernamental en la que participe la ciencia y la tecnología.

(e) Propiciar toda acción que favorezca la preservación del patrimonio cultural y natural del país.

(f) Propiciar el diálogo de la comunidad científica con los sectores de la producción y los servicios.

(6) Para cumplir los objetivos señalados



Dibujos: Fernando Sendra

en el artículo precedente, el Foro fomentará la realización de reuniones interdisciplinarias, creará grupos de trabajo para analizar problemas concretos y apoyará cualquier otra acción que permita alcanzar sus objetivos.

II. Funcionamiento del Foro

(7) El Foro será conducido por dos cuerpos colegiados: el Plenario y el Comité Coordinador.

(8) El Plenario estará formado por un titular y un suplente (que reemplaza al titular en caso de ausencia) en representación de cada una de las sociedades o asociaciones que constituyen el Foro. El modo de elección de sus representantes y la duración de su mandato es atribución exclusiva de cada sociedad o asociación. El Plenario se reunirá una vez cada tres meses en sesión ordinaria y sesionará válidamente con la mitad más uno de sus miembros a la hora de la citación o con los presentes pasada media hora de ésta.

(9) Son funciones del Plenario:

(a) Designar al Comité Coordinador.

(b) Aprobar o no lo actuado por el Comité Coordinador.

(c) Aprobar el ingreso o la baja de una sociedad al Foro.

(d) Nombrar comisiones "ad hoc" que someterán al Plenario el resultado de sus acciones.

(e) Aprobar declaraciones o cualquier otro tipo de acciones que representen manifestaciones del Foro frente a organismos gubernamentales o frente al conjunto de la sociedad.

(10) En todos los casos las acciones del Plenario se tomarán por voto nominal. En los puntos (a) a (d) las decisiones requieren mayoría simple. En el punto (e) las acciones requerirán el voto favorable de dos tercios de los integrantes del Foro.

(11) En asuntos que hacen al punto (e) del artículo 9, el Plenario deberá recurrir al voto a distancia de los miembros (correo, telefax, télex, correo electrónico), fijando un plazo para la recepción del mismo. No se computarán como negativos o abstenciones los votos no recibidos dentro de este plazo.

(12) El Comité Coordinador estará for-

mado por seis titulares y seis suplentes (que reemplazan a los titulares en caso de ausencia) representando a los grandes campos del conocimiento. Sus integrantes serán propuestos al Plenario por comités "ad hoc" constituidos por los representantes en el Plenario de las sociedades científicas pertenecientes a cada área. El Comité Coordinador se renovará por tercios cada año manteniendo la distribución entre áreas disciplinarias.

(13) El Comité Coordinador elegirá de entre sus miembros un Secretario Ejecutivo con mandato por un año reelegible por otro.

(14) Serán funciones del Comité Coordinador:

- (a) Ejecutar las decisiones del Plenario.
- (b) Mantener la continuidad de las actividades del Foro.
- (c) Aprobar "ad referendum" del Plenario acciones que contribuyan a concretar el objetivo de "Establecer vínculos entre científicos de distintas disciplinas".
- (d) Evaluar e informar al Plenario el cum-



plimiento por parte de las sociedades integrantes del Foro de las condiciones señaladas en el artículo 4 del presente estatuto y elevar solicitudes de ingreso de nuevas sociedades.

(e) Convocar a sesión extraordinaria del Plenario por propia decisión o por pedido de por lo menos un quinto de las sociedades integrantes del Foro.

Comité Coordinador:

Ciencias Químicas. Roberto Fernández Pri-
ni, titular (Asociación Argentina de Inves-
tigaciones Físicoquímicas); Josefina Aw-
ruch, suplente (Sociedad Argentina de In-

vestigaciones en Química Orgánica).

Ciencias Físico-Matemáticas. Roberto Ri-
varola, titular (Asociación Física Argenti-
na); Roberto L. Cignoli, suplente (Unión
Matemática Argentina).

Ciencias Biológicas. Juan José Cazzullo, ti-
tular (Sociedad Argentina de Investigación
Bioquímica); Patricio Garrahan, suplente
(Sociedad Argentina de Biofísica).

Ciencias Humanas y Sociales. Carlos J. Gra-
dín, titular (Sociedad Argentina de Antro-
pología); Ezequiel de Olosa, suplente (Aso-
ciación Filosófica de la República Argen-
tina).

Ciencias de la Ingeniería y Tecnología. Gus-
tavo Sánchez Sarmiento, titular (Asociación
Argentina de Mecánica Computacional);
Gustavo L. Bianchi, suplente (Sociedad Ar-
gentina de Metales).

Geo-Ciencias. Héctor A. Leanza, titular
(Asociación Geológica Argentina); Inés Ve-
lasco, suplente (Centro Argentino de Me-
teorólogos).

Secretario Ejecutivo: Carlos J. Gradín.

ÉTICA Y SITUACIÓN CONTEMPORÁNEA

Entre los días 4 y 8 de setiembre del co-
rriente año se realizó en Buenos Aires
el simposio "Ética para la situación con-
temporánea", auspiciado por el Centro de Es-
tudios Avanzados de la Universidad de Bue-
nos Aires, la Oficina Regional de Ciencia
y Tecnología para América Latina y el Ca-
ribe (UNESCO), la Sociedad Brasileña pa-
ra el Progreso de la Ciencia y el Instituto
de Estudios Avanzados de la Universidad
de San Pablo (Brasil). En la sesión plenaria
final del simposio se aprobó por unanimi-
dad un documento, al que *Ciencia Hoy* ad-
hiere, en el cual se destaca la necesidad de:

1. Hacer preceder toda decisión relevan-
te que se tome con relación a cualquier ac-
tividad del quehacer humano por una refle-
xión ética. Los participantes asumieron el
compromiso de fomentarla y llevarla a cabo.

2. Respetar y hacer respetar los derechos
contenidos en la Declaración Universal de
los Derechos Humanos, la forma de vida
democrática y el derecho a la información,
para lo cual los asistentes formularon un
autocompromiso ético.

3. Recomendar que las instituciones que
participaron de la organización del simpo-
sio condenen el uso militar de la energía nu-
clear, la fabricación, transporte y almace-
namiento de artefactos nucleares en sus paí-
ses y que, conjuntamente, se empeñen en
el desarme nuclear y convencional en el mun-
do. A su vez, se recomendó la utilización
del llamado "Juramento de Buenos Aires"
(véase *Ciencia Hoy*, n° 1, pág. 69), que com-
promete a los científicos a utilizar sus co-
nocimientos sin lesionar la dignidad huma-
na y en favor de la paz.

4. Fomentar el desarrollo e integración
de los pueblos a la luz de la ética, procura-
ndo que se garantice la educación y la salud
para todos. Se consideró a la educación ele-
mento clave del desarrollo de los pueblos.

5. Preocuparse por la situación y desti-
no de las poblaciones indígenas en América
latina, reconociendo que nuestras socieda-
des poseen una deuda histórica para con esas
poblaciones, sin cuyo rescate será imposi-
ble pensar en la construcción de sociedades
verdaderamente éticas.

6. Colaborar en la realización de una éti-
ca gubernamental y social, condenando to-
da forma de terrorismo de Estado.

7. Estimular las investigaciones interdis-
ciplinarias referidas a códigos y comités de
ética, y procurar hacer propuestas en el área.

8. Continuar con los estudios éticos de:
la ciencia, la tecnología, la producción, el
trabajo, la política científica, la salud, la me-
dicina, la genética, el uso de recursos natu-
rales, los asentamientos humanos, la justi-
cia social, los derechos humanos, la margi-
nación, la forma de gobierno, el poder, las
cosmovisiones, los medios de comunicación,
la educación, el arte y las humanidades,
avanzando en una visión global de nuestra
situación contemporánea.

9. Establecer los mecanismos adecuados
para la continuación de este simposio trans-
disciplinario e internacional en forma pe-
riódica y rotativa (variando de país sede).

10. Apoyar la formación de una red in-
ternacional de ética aplicada a partir de las
instituciones participantes en este simposio
de Buenos Aires.

PAGINA ES NOTICIA

ESTADOS UNIDOS

The New York Times

but not theatrical," Mr. Soriano said in a telephone interview.

Mr. Soriano, one of whose novels became the movie "A Funny, Dirty Little War," was less direct in an article that he wrote for *Página 12* the

FRANCIA



«*arrivisme politique*», etc. Les révélations de *Página Doce* ont court-circuité les manœuvres du conseiller. Mais cette affaire n'est sans doute pas terminée : la presse s'en est emparée et s'interroge sur l'origine des fuites. Le scandale est

ESPAÑA

EL PAIS

Poco tiempo después de asumir la presidencia, Menem dejó entrever en unas declaraciones, publicadas sólo en el diario progresista *Página 12* y no desmentidas, que quería fuera del Ejército al coronel Mohamed Ali Seineldín y al teniente coronel Aldo Rico

BRASIL

O GLOBO

Até o momento, *Página 12* tem cumprido suas promessas aos leitores: duas de suas matérias provocaram crises nas Forças Armadas e na Justiça, mas em compensação aumentaram as vendas num País desacostumado a denúncias. A primeira foi a publicação de

FRANCIA

Le Monde

ITALIA

IL MESSAGGERO

Martedì, il quotidiano *Página/12* ha denunciato che i militari «fondamentalisti» stanno pianificando un attentato contro un ufficiale in attività per poi scatenarsi.

SUECIA

SVENSKA DAGBLADET

re han skrev för första numret 26 maj 1987:

Página 12 är en tidning där saker och ting kommer att kallas vid sitt rätta namn. De döda

ITALIA

il manifesto

farsesco ed ironico di una vicenda che aveva tuttavia tenuto nell'incertezza per un giorno intero il paese e gli stessi mezzi di comunicazione. Da *Página 12*, che apre la prima pagina con il titolo «Eroe di fango», fino al severo quotidiano del mattino *La Nación*, che scrive - in un articolo di fondo pagina - «credevano che Rico fosse un secondo San Martín».

ESTADOS UNIDOS

Newsweek

key papers, *La Epoca* of Santiago and *Página 12* of Buenos Aires, regularly excerpt articles from *El País*. It has become a soapbox for some of Latin America's most respected novelists and commentators—among them Gabriel García Márquez,

ESPAÑA

cambio

La indignación se mezcla con la tristeza: «*Es cierto que la indignación lleva a pensar que éste es un país menos serio que Burkina Faso*», dice desde una columna de opinión Jorge Lanata, de *Página Doce*.

Página/12

el país a diario

EL NUEVO PERIODISMO

Director: Jorge Lanata

FREUD, LA REVOLUCIÓN FRANCESA Y LA CULTURA ARGENTINA

Una de las muchas vinculaciones posibles entre Freud y la Revolución Francesa proviene de la tendencia occidental a celebrar eventos importantes del pasado cuando ha transcurrido un período de tiempo medible en siglos o subdivisiones tales como medio siglo, un cuarto de siglo, etc. De tal forma el sesquicentenario de la Revolución Francesa se festejaba el mismo año en que Freud moría (1939) y también el doble centenario de aquella, junto con el medio siglo del deceso de éste, se celebran en 1989.

¿Qué significaban esos sucesos en 1939 en la Argentina? Cada celebración resignifica el hecho celebrado dentro del código propio de su momento histórico. Ese momento ponía a la Revolución Francesa y a Freud en un mismo campo simbólico, lo que no es válido en 1989. En 1939 la Revolución evocaba a la cultura francesa amenazada por la invasión nazi, poco después de la entrada victoriosa de Franco a Madrid. La sociedad argentina recibía las noticias profundamente dividida, en tanto que el mundo oficial (en su pretendida neutralidad) escondía la influencia creciente de un sector en esa división. Freud moría perseguido en el exilio, sus libros eran quemados, mientras una cultura atacada lo convertía, a él también, en símbolo de lucha por la libertad.

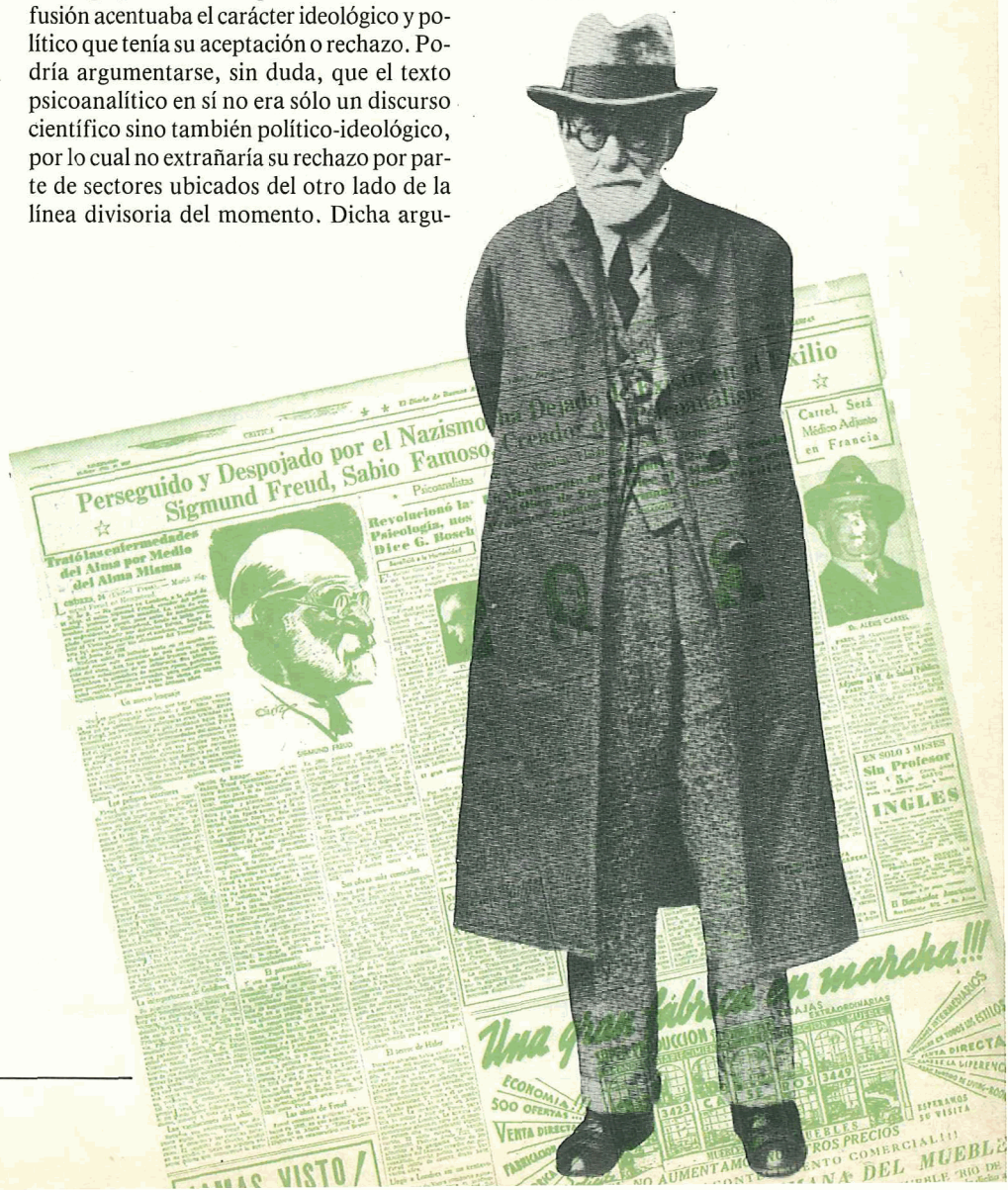
De allí el hecho curioso de que el exilio y la muerte empujaron a Freud y al psicoanálisis a un abrazo cordial con la cultura francesa, amenazada por el nazismo, a pesar de que aquella había sido, sobre todo en el campo médico-científico, poco receptiva a la producción alemana (y judía). En Argentina, la obra freudiana alcanzó mayor aceptación durante los años treinta, a medida que avanzaba la segmentación del campo cultural como reflejo de la fuerte división ideológica internacional de la época: fue aceptada por uno de los dos segmentos así formados, aquel que podríamos caracterizar como el sector laico e internacionista. Pero dada la fuerte tendencia a la segmentación en la sociedad argentina, no extraña que dentro de ese sector hubiera una excepción: la de los intelectuales cercanos al partido comunista, entre los cuales se expresaban muchas sospechas y críticas al movimiento psicoanalítico. El mismo signo que

servía para unificar un campo frente al otro cambiaba de significado dividiendo en su interior a sectores contrapuestos.

A fines de la década, más claramente en la Argentina que en Europa, la crítica antipsicoanalítica era la marca de los sectores de la derecha católica, por lo cual ejercerla desde el lado liberal y laico resultaba, por lo menos, de mal gusto. En los años treinta, la difusión popular de las ideas freudianas, más o menos distorsionadas en manuales de educación sexual, había tomado un auge impresionante con las ediciones baratas, en las revistas de gran circulación que acogieron la temática y el lenguaje psicoanalíticos como hechos corrientes y en algunos ensayos célebres del período, como *Radiografía de la Pampa*. Esta misma difusión acentuaba el carácter ideológico y político que tenía su aceptación o rechazo. Podría argumentarse, sin duda, que el texto psicoanalítico en sí no era sólo un discurso científico sino también político-ideológico, por lo cual no extrañaría su rechazo por parte de sectores ubicados del otro lado de la línea divisoria del momento. Dicha argu-

mentación, sin embargo, pondría todo el peso en la naturaleza del texto ignorando que su lectura sufrió enormes variaciones en diferentes contextos históricos. Lo mismo ocurrió con otros discursos, indudablemente mucho más "científicos", como el de Einstein y la teoría de la relatividad, que fue leída en la Argentina de los años treinta en clave política.

La prensa argentina, como el resto de la sociedad dividida profundamente por la guerra civil española y la victoria de Franco, se expresó siguiendo esas líneas en la evaluación de la obra freudiana en 1939. *La Nación*, simpatizante franquista, le dedicó un larguísimo artículo en su suplemento dominical, escrito por Leonardo Castellani. Como era común en ese entonces, la primera



tarea del comentarista fue distinguir aspectos de Freud y de su obra, y cautamente señalar que, en algunos campos, había producido avances importantes, para rápidamente sumergirse en la usual crítica al “pansexualismo” freudiano. La nota abandona después el tono mesurado de una valoración crítica para adoptar un sesgo crecientemente combativo, calificando a Freud de ateo, enemigo del cristianismo y hostil a la religión; termina señalando la similitud del mensaje de *Totem y Tabú* con la tesis desplegada por el cine soviético en sus films “de propaganda”, como *El acorazado Potemkin*. En contraposición, *Crítica*, periódico activo del lado republicano, titulaba así su noticia: “Perseguido y despojado por el nazismo, ha dejado de existir Sigmund Freud, sabio famoso, creador del psicoanálisis”. Además publicaba entrevistas con “psicoanalistas argentinos”, sin duda figuras conocidas en el medio: Gonzalo Bosch, director del Hospicio de las Mercedes (hoy Borda) y catedrático de psiquiatría en Buenos Aires; Gregorio Bermann, con similares cargos en Córdoba antes de participar en la brigada internacional durante la guerra civil española; y José Belbey, criminólogo y catedrático universitario. Los tres coincidían en señalar la relevancia científica de Freud con el tono elogioso habitual para los hombres célebres en el momento de su muerte.

Dicha división no se redujo a la prensa masiva. En las sociedades médicas, el ataque nazi y la muerte en el exilio generaron también una corriente de simpatía contraria al rechazo absoluto, aunque no necesariamente la adopción ortodoxa. La presencia de exiliados republicanos españoles, con gran influencia en los medios intelectuales, fue decisiva: tal el caso de Emilio Mira y López o de Jiménez de Asúa, que habían dado cabida ecléctica al psicoanálisis dentro de sus trabajos psiquiátricos y criminológicos. El vuelco se hizo visible en las revistas del campo psiquiátrico con una tradición liberal. *Psiquiatría y Criminología*, la más antigua y prestigiosa (heredera de los *Archivos de Ingenieros*), comenzó a publicar trabajos de Angel Garma a partir de 1940 y en 1941 abrió una de sus secciones bibliográficas habituales al tema “psicoanálisis”. Aún no existía una asociación psicoanalítica en el país; sólo Garma y Celes Cárcamo, que también publicó un artículo en la misma revista, eran miembros de asociaciones reconocidas internacionalmente. En el *In-*



Fernando Sendra

dex de neurología y psiquiatría, que apareció en 1938, colaboraron activamente desde 1939 Angel Garma y Enrique Pichon-Riviere. La primera monografía que editó el *Index* fue un libro de aquél. Tanto Roque Orlando, su director, como Osvaldo Loudet, el director de la revista antes mencionada, aclaraban a menudo que no eran seguidores del freudismo o del psicoanálisis, pero al igual que Gonzalo Bosch y otros influyentes psiquiatras dejaban de lado posibles dudas frente al reconocimiento internacional de Freud y adherían a las protestas por la quema de sus libros.

La Universidad de Buenos Aires, parte del mundo oficial, no hizo ningún acto en ocasión de la muerte de Freud, como tampoco lo hizo, a pesar de la protesta de muchos, con motivo del sesquicentenario de la Revolución Francesa. Desde 1930 los ámbitos universitarios se iban convirtiendo en un campo de batalla ideológico donde el segmento más identificado con posturas laicas y contrarias al gobierno conservador perdía lugares o era expulsado. Un modesto acto a fines de 1939 en la Facultad de Filosofía y Letras sirvió para paliar, aunque fuera formalmente, la crítica antifreudiana de dos sectores católicos diferenciados, el más tradicional e hispanista y también el nuevo sector que seguía las doctrinas socialcristianas de Maritain.

También desde 1930 el Colegio Libre de Estudios Superiores se había convertido en el eje de la vida científica y cultural que no podía expresarse en la universidad nacional. Una de sus figuras rectoras fue, hasta su exilio y muerte en 1936, Aníbal Ponce, quien había escrito diversas y muy mordaces críticas a Freud y su obra. Dentro del campo psicológico-psiquiátrico lo sucedió Jorge Thénon, que si bien era popularmente conocido como psicoanalista y buen co-

necedor de la obra freudiana, influido crecientemente por las críticas del marxismo francés a partir de su estadía en ese país como becario, no la introdujo en el Colegio hasta diciembre de 1939, en ocasión de una conferencia en homenaje a Freud (cuyo texto, publicado en *Cursos y Conferencias* matiza el elogio a la figura con un análisis mesurado del conjunto de su obra). Al año siguiente Thénon organizó dos series de conferencias sobre el tema, en las que participaron los más reconocidos expertos sobre la obra de Freud en el momento, con variable grado de simpatía por el autor. Todos ellos, claramente, en ese año 1940 tenían en común su pertenencia al segmento de la ciencia y la cultura argentinas que se identificaba con los aliados y se oponían al nazismo.

En la Argentina, la segmentación del mundo cultural y científico en campos ideológicos y políticos opuestos, la debilidad de un universo discursivo consensual con el cual manejar y evaluar teorías nuevas o sucesos históricos, resulta en lo que Glick ha llamado la falta de discurso civil, “un ambiente que favorece la expresión o discusión abierta de las ideas sin sentir la necesidad de hacerlas servir a fines ideológicos”. Pero esa misma ausencia del discurso civil, la profunda ideologización de los hechos de la cultura, va acompañada por una emotividad marcada que dificulta el debate racional y la consiguiente selectividad en la comprensión de una obra como la de Freud o de un hecho histórico como la Revolución Francesa.

En 1989 lo que tienen en común estos festejos es que ocurren en medio de revaloraciones profundas de sus significados a nivel mundial. La Revolución Francesa ya no es la que era, pasada por el tamiz reciente de la historiografía. Después de sucesivos revisionismos, el entusiasmo por Freud ha entrado en una nueva fase recesiva. No tenemos la suficiente distancia como para pensar sus significados hoy para la sociedad argentina, por otra parte mucho más centrada en sí misma que lo que estaba hace cincuenta años. Sin duda los hechos están menos teñidos emocionalmente que en aquel momento, aunque tal vez nuestra cultura continúa sin hallar un discurso civil para tratarlos racionalmente. Todavía los leemos para estar a favor o en contra; en caso contrario, ¿será que no vale la pena leerlos?

Jorge Balán

Centro de Estudios de Estado y Sociedad



**Una actitud
permanente
por la difusión
de una cultura
para todos.**

Piedras 521

UNA FILOSOFIA DE TRABAJO QUE CREA FUTURO PARA EL PAIS DESDE HACE 44 AÑOS

Las sociedades que integran la Organización TECHINT comparten una misma filosofía empresaria: contribuir con el máximo aporte al desarrollo nacional y mantener una presencia constante en el mundo a través de sus productos y servicios.

Su actividad cubre un amplio espectro que integran la ingeniería, las construcciones civiles e industriales, la siderurgia, las construcciones metálicas y las comunicaciones, y contribuye al crecimiento económico y social del país.

Compromiso que las empresas de la Organización TECHINT asumen plenamente e impulsan con hechos, y no sólo ideas, para movilizar recursos y generar el consenso necesario para alcanzar este objetivo.

Una línea de pensamiento que es alentada

desde su fundación, en 1946, materializada en una pujante organización industrial, técnica y comercial, que interviene activamente en el proceso de industrialización argentino.

La Organización TECHINT brinda empleo a más de 18.000 colaboradores, de los cuales 2.500 son profesionales y técnicos calificados.

Hasta hoy ha concretado más de 1.500 proyectos en cuarenta países de los cinco continentes como claro ejemplo de la iniciativa privada y de su capacidad de realización.

En las palabras de su fundador, el Ingeniero Agustín Rocca, se manifiesta la síntesis de la filosofía: "Deseamos que en la Argentina, la Organización TECHINT llegue a ser una razón de orgullo para el país".

Organización Techint

